

ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU  
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ  
ROČNÍK XXXIX/1990 ● ● ČÍSLO 4

## V TOMTO SEŠITĚ

Kdo nemá jasný cíl .....	121
<b>HLEDAČE KOVOVÝCH PŘEDMĚTŮ a jiná zajímavá zapojení</b>	
Detektory kovů .....	122
Detektor kovů s FET .....	123
Detektor kovů I až V .....	124
Vyzkoušejte si detektor kovů .....	127
Hledač pokladů .....	128
Detektor kovů trochu jinak .....	128
„Fázový“ detektor kovů ..	129
Citlivý detektor kovů .....	131
Detektor kovů	
Beachcomber .....	133
Citlivý hledač kovů .....	136
Infrachvěrné dálkové ovládání .....	142
Mikrovlonné detektory .....	143
Měření skutečné kapacity akumulátorů .....	144
Infrachvěrný telefon .....	146
Detektory přiblížení .....	147
Infrachvěrná závora .....	152
Elektronická váha .....	153
Jednoduchý adaptor pro měření kondenzátorů .....	155
Aplikace integrovaného obvodu 4046B .....	155
Signalizace výpadku proudu .....	159
<b>Inzerce</b> .....	160

## AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává vydavatelství MAGNET-PRESS, s. p., Vladislavova 26, 135 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor L. Kalousek, OK1FAC. Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7, linka 353, sekretárka linka 355. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 6 Kčs, pololetní předplatné 18 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a předplatitelská střediska. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS – ústřední expedice a dovoz tisku Praha, administrace vývozu tisku, Kovpakova 26, 160 00 Praha 6. Tiskne NAŠE VOJSKO, s. p., závod 08, 160 00 Praha 6, Vlastina ulice č. 889/23. Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy po 14. hodině. Číslo indexu 46 044. Toto číslo má vyjít podle plánu 2. 8. 1990. © Vydavatelství MAGNET-PRESS.

## Kdo nemá jasný cíl, nemůže si k němu určit správnou cestu

V Evropě se koná ročně několik reprezentativních veletrhů, z nichž kromě hannoverského nejdůležitějším je asi veletrh ve Vídni, který je věnován především výpočetní technice, otázkám komunikací a kancelářské technice (včetně nábytku pro kanceláře a jiná pracoviště „administrativního“ charakteru). Letošní vídeňský veletrh se konal na výstavišti vedle Prátru ve dnech 15. až 19. května a, jak neopomněly zdůraznit všechny sdělovací prostředky, proti všem dosavadním dosáhl několika nej-: na loňském jubilejním (tj. 20.) bylo 102 000 návštěvníků, letos 150 000, letošní celková „vystavovací“ plocha byla větší než 50 tisíc m<sup>2</sup>, poprvé byla zastoupena dálnévýchodní zem (9 vystavovatelů z Taiwanu), celkem vystavovalo 646 přímých vystavovatelů, z toho 59 ze zahraničí (to je oproti loňsku o 73 více).

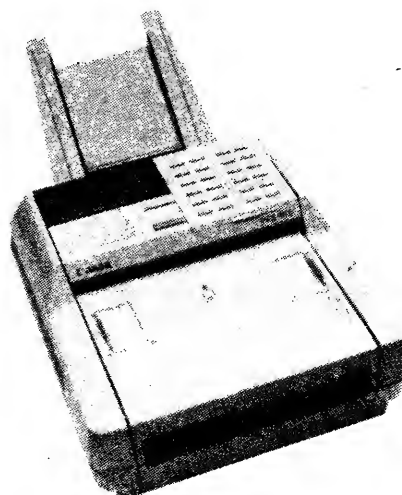
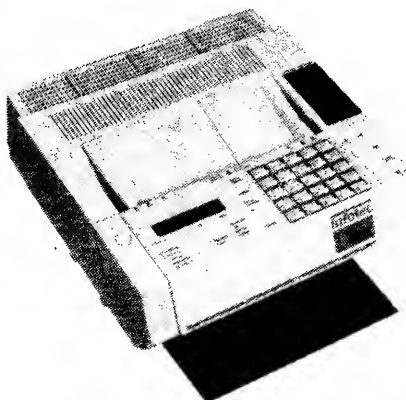
Veletrh pod názvem „ifabao“ skýtal skutečně téměř dokonalý přehled o současném stavu na trhu těch výrobků, které patří do oblasti výpočetní techniky (počítače, tiskárny, monitory, nejrůznější doplňková zařízení, počítačové sítě apod.), komunikací (telefony, faxy, 900 MHz mobilní spojovací sítě, telexy, „dálkové“ kopírovací přístroje atd.), vybavení kanceláří (i projektových kanceláří), kancelářského nábytku atd. včetně např. elektronických zápisníků, diktovacích přístrojů a mnohých dalších.

Popisovat jednotlivé výrobky by bylo nad síly i možnosti kohokoli, proto jen stručně několik postřehů. Hitem mezi procesory je v současné době nedostupný typ 80486, který sdružuje na jednom čipu CPU 386, aritmetické koprocessory 80387 a kontroler 80385, je řízen taktem 33 MHz. Ukazuje se však, že technické prostředky (hardware) jsou předmětem vývoje jen několika superfirem, předmětem zájmu pře-

vážné většiny malých a středních firem jsou programové prostředky (software), dovedené pro některé oblasti použití do neuvěřitelné dokonalosti a univerzality i „speciálnosti“. Zjevnou špičkou i v této oblasti je firma IBM, to bylo zřejmé jak podle poskytovaných informací, tak i vybavení její expozice. Pro mne osobně bylo hitem několik výrobků — kompaktních počítačů s obrazovkami monitorů z tekutých krystalů (tj. plochých), které vystavovaly japonské firmy.

Z ostatních výrobků byly zajímavé např. veřejné telefonní přístroje na kreditní karty (viz též 3. a 4. stranu obálky), nepřeborné množství kopírovacích přístrojů (i barevných, i „dálkových“), tiskárny pro barevné obrazy TV (Farbvideo-Printer), zkonstruované na teplotním principu, umožňující zaznamenat barevný obraz z videomagnetofonů, videokamer, počítačů a to buď na papír nebo fólii do maximálního rozměru 240×200 mm s rozlišovací schopností 1280 bodů × 912 řádků s vynikající barevnou věrností, rychlost tisku je asi 160 sekund. Uvedené údaje platí např. pro tiskárnu Mitsubishi CP 200E. Zajímavá je u tohoto přístroje i možnost připojit ho ke zdroji signálu, který může být řízen libovolným kmitočtem, neboť přístroj je opatřen tzv. autoskanovací funkcí, která umožňuje jeho samočinné přizpůsobení se např. libovolnému monitoru.

I když by se takto dalo popisovat prakticky nekonečné množství nejrůznějších přístrojů, není to s ohledem na rozsah ani možné, ani (snad) potřebné. Právě do Vídne je totiž možné si zajet i na jeden den, neboť cesta od hranic na místo konání veletrhu trvá něco přes jednu hodinu. Na dokreslení atmosféry veletrhu si však neodpustím několik poznámek. To, že nejste na veletrhu třeba v Brně, poznáte ihned podle toho, že asi 3 sekundy po tom, co se zastavíte u jakéhokoli exponátu, ozve se vám za



„Dálkové“ kopírovací přístroje Infotec 6113, Canon FAX 270 dodává rakouská pošta na měsíční splátky přes 1000 S po dobu 24 měsíců. Přístroje instaluje a po celou dobu záruky (24 měsíců) i „opečovává“

zády zdvořilý dotaz (stereotypní) „mo-  
hu vám s něčím pomoci, přejete si  
nějaké další informace?“ a milý mladík,  
ovládající nejméně tři světové řeči vás  
začne přesvědčovat, že výrobky jejich  
firmy jsou právě to, co potřebujete  
a o co byste se měl zajímat. Je to někdy  
až nepříjemné, neboť jste-li průměrný  
návštěvník, jemuž záleží na tom získat  
co největší přehled, ztrávíte spoustu  
času vysvětlováním, že nic zvláštního  
vás nepřinutilo zastavit se právě u té či  
oné firmy a že o nic z jejich výrobního  
programu nemáte speciální zájem. Na-  
opak ovšem, máte-li o něco zájem,  
poskytnou vám tito zástupci firmy per-  
fektní a vyčerpávající informace jak  
o technické, tak o ekonomické stránce  
výroby, dokonalou dokumentaci  
(i s komentářem) a je-li to možné,  
přístroj předvedou — to vše jsem si  
ověřil osobně a přitom jsem nepřed-  
stíral, že bych chtěl něco zakoupit — jen  
jsem se nezávazně ptal.

Zajímavá je např. i skutečnost, že se  
nepotvrdily prognózy ohledně neza-  
městnanosti při zavádění výpočetní  
techniky, neboť i když se v Rakousku  
v letech 1986 až 1988 ušetřilo u velkých  
podniků díky výpočetní technice zhru-  
ba 22 000 pracovních míst, malé  
a střední podniky inzerovaly kolem  
33 000 nabídek pracovních míst; přitom  
se však velmi značně zvýšila produktivi-  
ta práce, exportní schopnost i sociální  
jistoty.

Že přitom poptávka po pracovních  
sílech v oblasti elektroniky trvá, je  
možné zjistit z inzerátů např. v časopisu  
Computerwelt — samostatní progra-  
mátoři, aplikační inženýři, obchodní  
manažeři, konstruktéři inženýři pro ino-  
vací videotechniky atd. jsou stále  
žádáni a potřební.

Na závěr bych se chtěl vrátit k titulku  
tohoto úvodníku. Jde o citát z článku  
Dr. Rudolfa Harramacha, který pod  
názevem Umění komunikace vyšel

v květnu v rakouských novinách (jímž  
tento manažér-poradce reagoval na  
některé chybné kroky rakouských  
i jiných výrobců jak v technické, tak  
i ekonomické oblasti), a který platí  
samozřejmě nejen v technice — bude-  
me si i u nás umět v elektronice  
(a nejen v ní) stanovit jasný cíl a určit  
k němu správnou cestu? Chci věřit, že  
ano.

L. K.

P. S. Vydáte-li se do Vídně za nákupem  
součástek, můžeme podle vlastních  
zkušeností doporučit sympatický ob-  
chůdek na Gablenzgassee 3, firma N. G.  
Elektronik. Gablenzgassee je asi čtvrtá  
nebo pátá ulice vlevo z třídy Nábau  
Gürtel, která vede od západního ná-  
draží (West Bahnhof) kolmo na Maria-  
hilfer Strasse (nejznámější „nákupní“  
ulice Vídně).

# HLEDAČE KOVOVÝCH PŘEDMĚTŮ & JINÁ ZAJÍMAVÁ ZAPOJENÍ

V. Sekal a kol.

## Detektory kovů

Obor detekce kovů je trvale předmětem  
zájmu potencionálních hledačů. Možnosti  
využití detektorů kovů v nejrůznějších oblas-  
tech, od archeologie přes průmyslové apli-  
kace až po domácnosti a amatérské využití,  
jsou velmi široké. Na trzích, na nichž vyvolá-  
vá zájem spotřebitelů odpovídající nabídka,  
se prodává řada typů detektorů, od nenároč-  
ných levných přístrojů až po výrobky využí-  
jící nejnovějších technologických mož-  
ností — ty je však nutné také dobře zaplatit.  
Vzniká tak prostor pro různé amatérské kon-  
strukce, publikované v časopisech. Stálý  
zájem o přístroje tohoto typu se projevuje  
i u nás. Případně zájemce je však třeba  
upozornit na některá úskalí v této oblasti.

V první řadě je nutné si uvědomit, že je  
o složité problematice. To se zvláště proje-  
vuje při posuzování a porovnávání výkon-  
nosti a citlivosti různých přístrojů. Některé  
firemní i časopisecké údaje jsou z pochopi-  
telných důvodů někdy více, někdy méně  
nadsazeny. Objektivně je však třeba uznat,  
že dosah detektoru kovů se velmi obtížně  
objektivně posuzuje, s ohledem na závislost  
indikace nejen na vzdálenosti kovového  
předmětu, jeho velikosti a zkušenosti opera-  
tora, ale také na řadě dalších činitelů, jako je  
materiál, tvar a orientace předmětu, vlast-  
nosti prostředí, ve kterém je předmět uložen  
(mineralizace půdy), někdy i na době, po  
kterou je předmět v zemi uložen.

Romantické představy o snadných nále-  
zech hrnců plných zlatáků, které je možné  
s takovým zařízením najít, vezmu po prvních  
zkušenostech s přístrojem brzy za své. Tepr-

ve pak totiž takový zájemce zjistí, jak je nejen  
civilizovaná krajina, avšak i zdánlivá divočí-  
na doslova zamořena různými kovovými od-  
padky. A čím je přístroj citlivější, tím jich  
najdeme víc. Samozřejmě existují přístroje,  
které umožňují rozlišit železný předmět od  
neželezného, ale ani to problém neřeší. Hli-  
nikových fólií je v zemi také dost. A při tom  
v každém místě, na němž přístroj něco indi-  
kuje, je třeba se přesvědčit o tom, co indikaci  
způsobilo. Vyžaduje to prostě slušnou dávku  
fandovství, aby člověk vydržel celý den v te-  
rénu s přístrojem, který je stále těžší a těžší,  
a radoval se z nálezu dejme tomu neplatné-  
ho padesátihaléře nebo rezavého hřebíku.  
Celý problém je v tom, vědět kde hledat,  
nebo mít štěstí, ale to už je docela jiná  
otázka. Zanedbatelná nejsou při používání  
detektoru kovů ani hlediska ekologická  
a etická.

Z technického hlediska je možné dosud  
používané detektory rozdělit do pěti skupin:  
detektory BFO se záznějovým oscilátorem  
(Beat Frequency Oscillator), detektory IB  
s vyváženou indukčností (Induction Balan-  
ce), detektory PI na základě impulsní induk-  
ční metody (Pulse Induction) a detektory  
založené na metodě rozladění a na principu  
protonového magnetometru. Uváděné  
zkratky nejsou samoučelné, skutečně se  
v literatuře a v prospektech používají a je  
dobře znát jejich význam. Kromě uvedených  
zkratk se používá v souvislosti s hledači  
kovů také označení VLF (Very Low Frequen-  
cy — velmi nízký kmitočet) a další.

Metody vyživující BFO a rozladění pracují  
na základě malých změn indukčnosti hledací  
cívky při blízkosti kovového předmětu, vy-  
značují se malou citlivostí. Detektory s im-  
pulsní indukční metodou mohou být velmi  
citlivé, jsou však technicky složité, jejich  
amatérská realizace je velmi obtížná. Proto-  
nový magnetometr může detekovat jen že-

lezné předměty, protože indikuje malé ano-  
malie zemského magnetického pole.

Až dosud byla většina konstrukcí detekto-  
rů kovů pro amatérské použití založena na  
principu BFO. Byly zaznamenány různé po-  
kusy o jejich zdokonalení a ty jsou také dále  
popsány. Skutečnost, že neumožňují rozlišit  
materiál detekovaných předmětů a některé  
další nevýhody vedly k tomu, že většina  
detektorů, používaných pro seriózní aplika-  
ce, používá metodu IB.

Dále bude uveden popis řady detektorů  
kovů, od nejjednodušších typů BFO, přes  
několik provedení atypických, až po složitěj-  
ší typy IB, které poskytují řadu zajímavých  
možností, a jsou na dobré technické úrovni.  
Doprovodné texty k jednotlivým přístrojům  
byly zpracovány podle podkladů autorů tak,  
aby podle nich bylo možné přístroje realizo-  
vat. Pozorný čtenář si jistě všimne, že někte-  
rá tvrzení různých autorů si vzájemně odpo-  
rují. To je třeba přičíst složitosti problemati-  
ky, o které jsme se již zmínili, a považovat to  
za pohledy z různých úhlů — a také za  
podněty pro vlastní experimentování, jemuž  
se vlastně nikdy nelze zcela vyhnout.

## Detektor kovů s FET

Popisovaný přístroj charakterizuje značná  
citlivost a malé pořizovací náklady, používá  
záznějových princip (BFO).

Oba oscilátory, jejichž zázněj se vyhodno-  
cuje, využívají tranzistorů, řízených elektric-  
kým polem a pracují na 650 kHz. Tento  
kmitočet byl zvolen na základě zkoušek,  
které ukázaly, že až do přibližně 350 kHz je  
citlivost a hloubka dosahu pro poměrně malé  
předměty dosti malá a konstantní. Při kmi-  
točtu oscilátoru 400 kHz se prudce zlepšuje  
funkce a tento jev pokračuje až do kmitočtu  
1,3 MHz, při němž pak ztrácí účinnost stíně-

ni, zhotovené z opletení sousosého (koaxiálního) kabelu. Na kmitočtu 650 kHz se dosahuje výborné citlivosti a snadného konečného nastavení. Tak, jak je přístroj navržen, umožňuje detekovat pětice v vzdálenosti 152 mm, nebo v zemi na vzdálenosti 76 mm popř. větší.

Předpokládáme, že oscilátory přístroje jsou naladěny na kmitočty 650,454 a 650,400 kHz. Po zpracování signálů obou kmitočtů ve směšovači s tranzistorem FET získáme na výstupu signály o kmitočtech 650,454 kHz, 650,400 kHz, 1300,854 kHz a 54 Hz, tedy o původních, součtovém a rozdílovém kmitočtu. Protože dále používáme jen slyšitelný signál 54 Hz, je před koncovým zesilovačem použita dolní propust, která odstraní signály všech vyšších kmitočtů.

### Popis zapojení

Schéma zapojení přístroje je na obr. 1. Když se  $L_1$ , cívka, která tvoří hledací sondu, dostane do blízkosti kovového předmětu (na povrchu země nebo pod zemí), její indukčnost se mírně změní. Čím je předmět vzdálenější nebo hlouběji pod zemí, tím je změna menší. Předmět způsobí změnu kmitočtu oscilátoru řekněme 650,440 kHz. Nyní je tedy rozdíl obou kmitočtů 40 Hz. To znamená, že slyšitelný tón se změnil z 54 na 40 Hz – tím je indikováno přiblížení  $L_1$  ke kovovému předmětu.

Detektor kovů se skládá ze dvou Colpittsových oscilátorů (obvody kolem  $T_1$  a  $T_2$ ), které jsou oba naladěny pro práci v rozsahu 650 kHz. Oscilátory jsou v podstatě totožné s tím rozdílem, že jeden z nich používá jako indukčnost hledací cívku  $L_1$ , druhý pak malou laditelnou cívku  $L_2$ .

Při uvádění do provozu se  $C_1$  nastaví do střední polohy a  $L_2$  na nulový záznej obou oscilátorů (stejný kmitočet). Změnou  $C_1$  se pak oscilátor s  $T_1$  rozladí z nulového zázneje, aby se dosáhlo slyšitelného zázneje kmitočtu. Všimněte si, že rezistor  $R_4$  v obvodu  $T_2$  má větší odpor než  $R_3$  v obvodu  $T_1$ . Protože v obvodu s  $T_1$  je oscilační výstupní napětí malé, je třeba oscilátor s  $T_2$  zatlmít, aby se výstupní napětí obou oscilátorů vzájemně příliš nelišila. To je důvod, proč má  $R_4$  větší odpor.

Základem funkce Colpittsova oscilátoru je dvojice kondenzátorů, které tvoří napěťový dělič, zapojený paralelně k cívce ( $C_2$  a  $C_3$  pro obvod s  $T_1$ ,  $C_6$  a  $C_7$  pro obvod s  $T_2$ ). Tyto kondenzátory a cívka v každém obvodu určují kmitočet oscilátorů. V obvodech oscilátorů je elektroda S tranzistorů řízených polem spojena se signálovou zemí. S ohledem na funkci děleného kondenzátoru je signál na dolním konci cívky posunut vzhledem k signálu na elektrodě D o  $180^\circ$ . Protože tranzistor invertuje signál o  $180^\circ$  a rezonanční obvod o dalších  $180^\circ$ , do řídicí elektrody FET se přivádí signál ve fázi, a tak se udržují oscilace.

Zvětšení kapacity kondenzátoru  $C_3$  nebo  $C_7$  zmenšuje velikost zpětné vazby do řídicí elektrody. Když se použije kondenzátor s příliš velkou kapacitou, nebude zpětná vazba stačit pro udržení oscilací. Kondenzátory s kapacitou 300 pF zvětší zpětnou vazbu a bezpečně zaručí oscilace, ale sinusovka nebude mít tak „čistý“ průběh, jako např. s kondenzátorem 560 pF. Pro nejlepší celkovou funkci by poměr  $C_2$  k  $C_3$  (nebo  $C_6$  k  $C_7$ ) měl být asi 1:3. Ačkoli jsou  $T_1$  a  $T_2$  zdánlivě zapojeny jako emitorové sledovače s jednotkovým zesílením, na odporech rezistorů  $R_3$  a  $R_4$  příliš nezáleží, protože elektrody S jsou na „zpětnovazební zemi“.

Směšovač s  $T_3$  vytváří záznej vysokofrekvenčních signálů a zajišťuje určité zesílení zázneje pro zesilovač s  $IO_1$ . Rezistor  $R_8$  a kondenzátor  $C_{12}$  tvoří dolní propust, která zabraňuje průniku vř signálů na vstup  $IO_1$ .

### Konstrukce

Zhotovení detektoru kovů není nijak zvlášť obtížné. Pozornost je třeba věnovat zhotovení hledací cívky, která v tomto provedení vyžaduje poměrně jednoduché opracování dřeva. Protože vytvrzení použitého lepidla vyžaduje podle druhu několik hodin, je nejlépe začít při konstrukci přístroje zhotovením hledací cívky.

Z překližky o tloušťce 6 mm je třeba vyříznout dva kruhové kotoče o průměru 146 mm a jeden o průměru 127 mm. V označených středech vyvrtáte díry o  $\varnothing$  1,5 mm, které použijete pro vystředění v průběhu lepení. Kotoče slepte podle obr. 2.

Než lepidlo zatvrdne, navrhnete a osadíte desku s plošnými spoji. Pro  $IO_1$  a podle možnosti i pro  $T_1$  a  $T_2$  použijte objímky. Zatím nezapojíte  $L_1$  ani  $C_2$ , ani nemontujete osazenou desku do nějaké skřínky. Jako  $C_1$  byl použit otočný kondenzátor o standardní kapacitě 365 pF – jeho kapacita však byla zmenšena na 50 pF opatrným odstraněním všech rotorových desek kromě jediné.

Po vytvrzení lepidla se do sestavy kostry cívky  $L_1$  vyřízne odlehčovací otvor ve tvaru D (viz obr. 2) a vyvrtají se díry pro vývody cívky a pájecí body. Díra pro nosnou trubku se vyvrtá pod úhlem asi  $18^\circ$ .

Hledací cívka, která má 20 závitů, se navine do drážky po obvodu tělesa cívky. Cívka však musí být stíněna, aby se zmenšil

vliv změn kapacity vinutí při přiblížení cívky k zemi. Jako stínění se použije měděné pletivo, opatrně stažené z kusu sousosého kabelu. Potřebná délka je asi 61 cm. Toto opletení se upraví do plochého tvaru a uloží se na dno drážky tak, aby vznikl jeden závit, přerušovaný mezerou (délky asi 10 mm) mezi konci opletení.

Do blízkosti díry pro nosnou trubku se zašroubují dva malé mosazné šrouby, ke kterým budou připájeny vývody. Na jeden konec stínění připájíte zapojovací drát, který protáhnete jednou z děr pro vývody a připájejte jej k hlavě šroubu. Stínění se oddělí jednou vrstvou plastické pásky.

Pro vlastní vinutí hledací cívky se použije lakovaný drát o průměru 0,3 mm. Jeden konec cívky se vyvede uvedenou dírou a připojí k témuž šroubu jako stínění. Pak se do drážky navine 20 závitů. Druhý konec cívky se vyvede druhou dírou a připájí ke druhému šroubu. Závitů cívky se pokryjí vrstvou tmelu nebo lepidla, aby se nemohly posouvat, čímž se zajistí stabilita nastavení  $L_1$ .

Po vytvrzení tmelu se navine další vrstva plastické pásky a do drážky se uloží další vrstva stínění, opět s mezerou 10 mm mezi konci, připojená kouskem drátu ke šroubu, ke kterému je již připojena vnitřní stínící vrstva a jeden konec cívky. Po dokončení této části zkontrolujte, jestli jsou k jednomu šroubu připojeny tři vodiče a ke druhému jen jeden. Pro tepelnou izolaci se pak cívka ovine přes vnější stínění izolační pěnovou páskou, používanou pro těsnění oken.

Do díry pro vodičí tyč se zalepí epoxidovým lepidlem hliníková nosná trubka. Dírou o průměru odpovídajícímu sousosému kabelu použitému k propojení cívky s krabičkou elektroniky se kabel připojený k cívce zavede dovnitř trubky, ze které vystupuje pak do krabičky. Použitě konstrukční řešení musí zajistit potřebnou mechanickou stabilitu.

### Uvedení do provozu

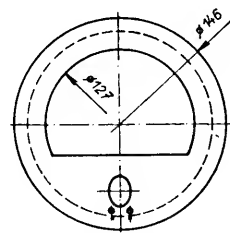
Pro správnou funkci přístroje je důležité, aby oba oscilátory byly nastaveny na stejný kmitočet. Pokud je to možné, je nejlépe každý oscilátor nastavit zvlášť čítačem. Pokud není čítač k dispozici, pak je možné použít standardní přijímač pro střední vlny, naladěný přibližně na 650 kHz, a podle něj nastavit postupně oba oscilátory. Nejprve se naladí hledací oscilátor s  $T_1$  a pak referenční oscilátor s  $T_2$  na stejný kmitočet naladěním cívky  $L_2$ . Když je oscilátor a rozhlasový přijímač naladěný na stejný kmitočet, „slyšíte“ pásmo ticha, způsobené přítomností nemodulované nosné.

Před použitím detektoru kovů vždy po zapnutí napájení několik minut počkejte, aby se parametry přístroje stabilizovaly. Nastavte  $C_1$  na nulový záznej a pak jej poněkud rozladte, aby byl z reproduktoru nebo sluchátek slyšet tón o nízkém kmitočtu. Při pohybu hledací cívky nad kovovým předmětem by se měl tento kmitočet snižovat nebo zvyšovat, podle toho, na kterou stranu byl přístroj od nulového zázneje rozladen.

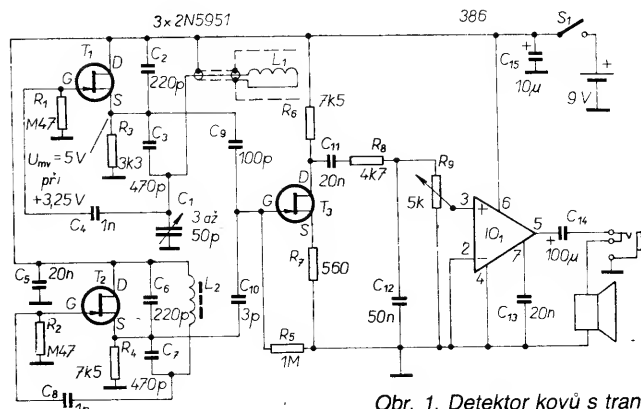
Nakonec ještě praktickou poznámku: udržujte hlasitost signálu z reproduktoru co nejmenší pro prodloužení doby života baterií.

Závěrem ještě jednu poznámku. Při používání popsaného detektoru kovů si brzy uvědomíte, jak usnadňuje lokalizaci skrytých kovových předmětů. Vždy si však uvědomujte, že čím je předmět menší a čím je hlouběji, tím bude jeho lokalizace obtížnější. Při práci v hlučném prostředí používejte pro dosažení nejlepších výsledků sluchátka.

Popular Electronics leden 1980



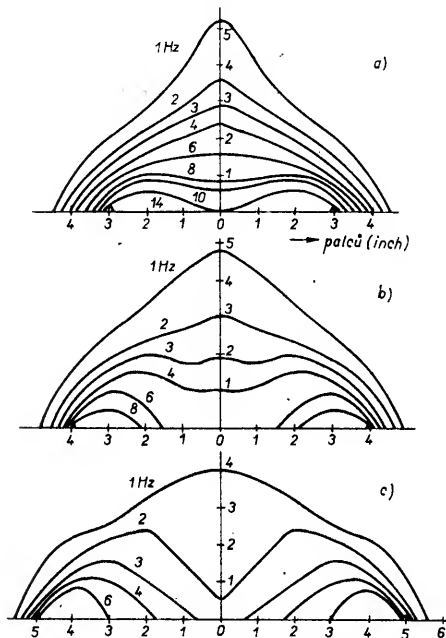
Obr. 2. Cívka k detektoru kovů



Obr. 1. Detektor kovů s tranzistory FET

## Detektor kovů I

Popisovaný detektor kovů je založen na záznejovém principu a ke zlepšení citlivosti se využívá vyšší harmonické kmitočtu hledacího oscilátoru. Na první pohled se zdá, že použít tento princip pro praktickou konstrukci detektoru kovů je jednoduchá záležitost. K dosažení uspokojivých výsledků je však třeba překonat řadu problémů. Prvním takovým problémem je hledací cívka. Protože se vyhodnocují kmitočtové změny, přístroj reaguje jak na změny indukčnosti, způsobené blízkostí kovu (ale i teplotními vlivy), tak na změny kapacity. Vliv změn kapacity je možné minimalizovat použitím elektrostatického stínění. Není se při tom třeba obávat, že se zmenší citlivost. Vliv teplotních změn, na příklad při přechodu cívky ze slunce do stínu, je možné omezit vhodnou tepelnou izolací. Pro ověření vlivu velikosti cívky byla provedena řada zkoušek. Výsledky při detekování malé mince pro cívky o průměru 15, 20 a 25 cm jsou na obr. 3. Není je možné brát

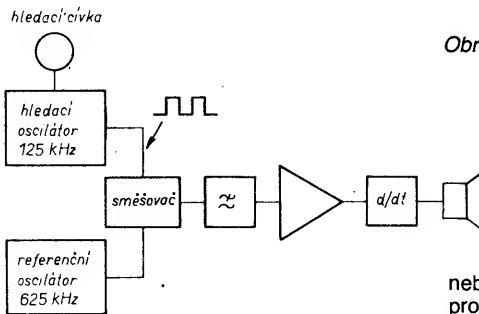


Obr. 3. Detekce mincí (míry v palcích)

striktně, protože měření bylo velmi pracné, ale ukazují, co je možné očekávat. Je třeba si uvědomit, že

- změna kmitočtu je velmi malá,
- citlivost ve středu obou menších cívek je přibližně stejná, cívka o  $\varnothing$  25 cm má již ve středu menší citlivost,
- čím větší je cívka, tím větší je citlivá oblast. To však nemusí být vždy výhodné, protože je třeba lokalizovat polohu hledaného předmětu, a menší cívka dává přesnější lokalizaci. Autor konstrukce zvolil cívku o průměru 15 cm.

Velikost, přesněji řečeno nedostatečná velikost kmitočtové změny je jedním z hlavních problémů při konstrukci záznejového detektoru kovů. Jedním z velmi praktických řešení je nastavit kmitočty oscilátorů tak, aby kmitočtový rozdíl byl velmi malý, menší než 10 Hz. Při tomto nastavení již lze rozlišit změnu o jeden nebo dva Hz. Kdyby byl záznejový kmitočtet nastaven např. na 250 Hz, stejnou změnu o 1 až 2 Hz by zaregistroval jen zkušený operátor. Protože však normální reproduktor nebo sluchátka nereprodukuje tak nízké kmitočty, je třeba sinuso-



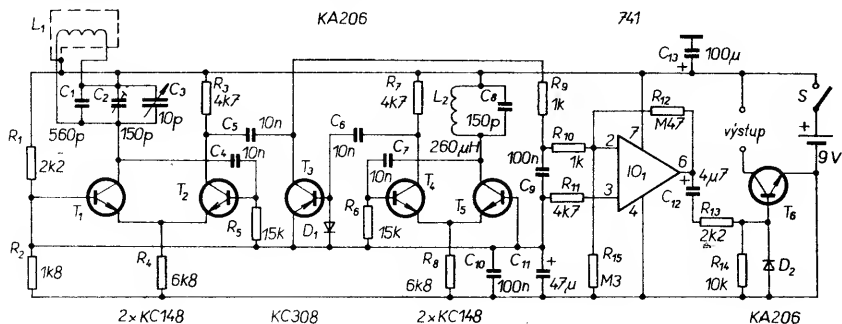
Obr. 4. Blokové schéma zapojení

vý průběh převést na impulsy, které je pak možné reprodukovat.

Citlivost záznejového detektoru je možné dále zvětšit v zapojení podle blokového schématu na obr. 4. Hledací oscilátor je nastaven na kmitočtet 125 kHz a jeho výstupní signál je upraven na pravouhlý průběh, bohatý na podíl vyšších harmonických. Referenční oscilátor pak pracuje na kmitočtu 625 kHz, tj. na páté harmonické kmitočtu hledacího oscilátoru. Tak je každá změna kmitočtu hledacího oscilátoru znásobena pěti. Takovou změnu je možné sluchem snadno rozlišit. Bylo by možné použít i vyšší harmonické, je však třeba si uvědomit, že signál pravouhlého průběhu obsahuje pouze liché harmonické, jejichž amplituda se rovná amplitudě základního průběhu, dělené pořadovým číslem harmonické.

### Popis zapojení

Schéma detektoru kovů, založeného na výše uvedených úvahách, je na obr. 5. Zapojení oscilátorů s tranzistory v diferenčním zapojení bylo zvoleno s ohledem na snadný návrh, potřebu dvou vývodů laděného obvodu a dobrou izolaci výstupu od laděného obvodu, takže kmitočtet oscilátoru není prakticky ovlivňován zátěží nebo signály na výstupu. Toto poslední hledisko je v této aplikaci zvláště důležité, protože záleží na tom, aby se vzájemně „strhávaly“ kmitočty oscilátorů, když je kmitočtový rozdíl, nebo v tomto případě rozdíl harmonických kmitočtů, velmi malý. Hledací oscilátor používá tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  společně s  $L_1$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  a  $C_3$ , které tvoří laděný obvod. Pravděpodobně bude třeba kapacitu kondenzátoru  $C_3$  upravit, protože elektrostatické stínění a souosý kabel zavádějí do obvodu nedefinovanou paralelní kapacitu. Tato kapacita závisí na fyzické konstrukci cívky a použitých materiálech a je dosti proměnná. Hrubě se přístroj ladí kondenzátorem  $C_2$ ,  $C_3$  se používá pro jemné nastavení. Výstupní signál hledacího oscilátoru se odebrá z kolektoru  $T_2$  a vede do směšovače s  $T_3$ . Záznejový oscilátor používá tranzistory  $T_5$  a  $T_6$ , jeho laděný obvod, rezonující na 625 kHz, tvoří  $L_2$  a  $C_8$ . Buzení pro bázi směšovače  $T_3$  se odebrá z kolektoru  $T_4$ . Signál rozdílového kmitočtu se odebrá dolní propustí  $R_9$  a  $C_9$ , je zesilován operačním zesilovačem  $IO_1$ , derivován a přiveden do báze tranzistoru  $T_6$ , který budí sluchátka



Obr. 5. Detektor kovů I.

nebo reproduktor. Hlasitost je možné řídit proměnným rezistorem, zapojeným do série s výstupem.

### Konstrukce

Konstrukce elektronické části není kritická. Deska se součástkami musí být umístěna ve stíněné krabici, aby se naladění neovlivňovalo kapacitou ruky.

Velmi důležitá je konstrukce hledací cívky. Cívka musí být dostatečně robustní, aby odolala hrubému zacházení, a přiměřeně chráněná proti vlivům teploty a vlhkosti. Cívka má 45 závitů drátu o  $\varnothing$  0,46 mm, které se navinou do kruhového tvaru o průměru 16 cm, vymezeného na nosném mezikruží hřebíčky. Toto nosné mezikruží je vyříznuto z překližky tloušťky 10 mm, vnitřní díra má průměr 150 mm, šířka mezikruží je 10 mm. Na vnějším obvodu je ponechán výstupek k upevnění desky na nosnou tyč. Navinutá cívka se nejprve zajistí ve čtyřech místech, hřebíčky se odstraní, a pak se celá cívka upevní ovinutím páskou na spodní straně mezikruží. Pak se cívka ovine vrstvou elektrostatického stínění (alobal) (s přerušením asi 10 mm), které se zajistí ovinutím cínovým drátem, který bude použit jako vývod stínění. Následuje další vrstva pásky, vrstva pěnového polyuretanu a další vrstva pásky. Pak se upevní cívka na nosnou tyč a opatří se nátěrem (bílou voděvzdornou barvou).

### Nastavení

Prvním krokem je nastavit referenční oscilátor na správný kmitočtet.

- Zkratujte hledací cívku (vyřadí se hledací oscilátor z činnosti).
- Zapněte přístroj a nastavte  $L_2$  jádrem tak, aby kmitočtet referenčního oscilátoru byl 625 kHz. Pokud není k dispozici čítač, použijte přijímač na rozsahu středních vln. Stupnici přijímače nastavte na 625 kHz (480 m). Když je přijímač vybaven anténní zdírkou, umístěte anténu v blízkosti oscilátoru. Přístroj se musí takto nastavovat s deskou. Elektroniku umístěnou v příslušné stíněné skřínce se sejmoutým víčkem. Naladte obvod na maximální signál, jde však o nemodulovanou nosnou, proto je slyšet na přijímači jen charakteristický šum. Přítomnost signálu nosné lze zkontrolovat zkratováním cívky (šum zmizí). Dalším krokem je nastavení „hledacího“ oscilátoru na správný kmitočtet.





(FET). Záznejový kmitočet se odebrá z jeho výstupu a po průchodu dolní propustí  $C_{10}$ ,  $C_{11}$  a  $R_8$  se přivádí na vstup nízkofrekvenčního zesilovače.

### Obvod zesilovače

Rozdílový signál, vznikající jako rozdíl kmitočtů obou oscilátorů, se přivádí na operační zesilovač  $IO_1$ , který stačí vybudit běžná sluchátka středního výkonu.

Zesílení se reguluje potenciometrem  $P_2$ , který dovoluje plynulou a účinnou změnu hlasitosti nízkofrekvenčního tónu, slyšitelného po přiblížení detektoru ke kovovému předmětu.

Výstup obvodu zesilovače je navržen pro monofonní sluchátka o impedanci 30 až 100  $\Omega$ .

### Hledací sonda

Hledací sondu detektoru kovů tvoří cívka  $L_1$ , navinutá na izolačním materiálu o průměru 90 až 100 mm. Na toto těleso cívky se navine 20 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,3 mm, pokud je průměr přesně 100 mm, 21 závitů při průměru 95 mm nebo 22 závitů při průměru 90 mm. Pro připojení ke skrínce s elektrickými obvody se používá souosý kabel.

### Konstrukce

Konstrukční provedení není kritické. Může být použita např. montáž součástek na desku s plošnými spoji. Odběr proudu ze zdroje je 20 až 30 mA. Nastavení je podobné již popsaným postupům. Totéž platí i pro používání přístroje.

*Revista española de electrónica srpen-září 1986*

### Detektor kovů IV

Pro amatérskou stavbu byl zvolen jednoduchý princip BFO, který umožnil dosáhnout tří podstatných výhod: je třeba vinout jen jednu cívku, zhotovení přístroje s třemi integrovanými obvody CMOS je snadné, obsluha je velmi jednoduchá.

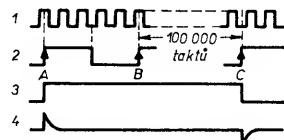
### Popis zapojení

Zapojení hledače je na obr. 8. Čtyři dvou-vstupová hradla NAND (obvody  $IO_1$  a  $IO_2$ , 4011) jsou použita pro sestavení oscilátorů. Hledací cívka tvoří indukčnost jednoho z oscilátorů, druhý oscilátor slouží jako referenční a používá cívku běžného MF filtru 455 kHz. Obvody oscilátorů mají velkou jakost, protože jsou vstupy CMOS obvodů zatěžovány jen velmi malou kapacitou.

Totožné zapojení obou oscilátorů je výhodné v tom, že změny napájecího napětí

a teploty působí na oba oscilátory stejně, a tedy oba „driftují“ ve stejném smyslu. Kmitočty oscilátorů s hledací cívkou je s uvedenými součástkami v rozmezí 80 až 120 kHz. Referenční oscilátor je naladěný na čtyřnásobek kmitočtu oscilátoru s hledací cívkou – užitečné je přitom použít měřič kmitočtu. Při změně konstrukce cívky může být užitečné naladit referenční oscilátor na šestnásobek kmitočtu oscilátoru s hledací cívkou.

Oba výstupy oscilátorů jsou přivedeny na klopný obvod D (obvod 4013). Hledací cívka dodává takt (hodinový vstup, vývod 3), referenční oscilátor je připojen na vstup D. Na výstupu Q (vývod 7) je signál podle obr. 9. Za



- 1 – výstup z referenčního oscilátoru
- 2 – výstup oscilátoru s hledací cívkou
- 3 – výstup na  $IO_3$ , vývod 1
- 4 – výstup na sluchátka

Obr. 9. Diagram signálu

derivačním členem z  $C_{12}$  a  $R_5$  dostaneme signál, který je v piezoelektrickém sluchátku nebo sluchátku s velkou impedancí slyšitelný jako prskání.

Potenciometrem  $P_1$  se nastaví záznej asi 20 až 30 Hz. Při těchto nízkých kmitočtech se nejlépe vnímají i nejmenší kolísání kmitočtu. Když je indukčnost hledací cívky ovlivněna kovem, zjistí se to okamžitě podle změny kmitočtu. Kmitočty se nastavuje tak, aby se tón při přiblížení k železu zvýšil.

### Konstrukce

Největší potíží při stavbě tohoto detektoru kovů bude zhotovení hledací cívky. K tomu může být užitečné uvést několik pokynů. Zhotovení hledací cívky je v podstatě mechanickým problémem. Použije se asi 30 m měděného lakovaného drátu (o průměru asi 0,5 mm) a zhotoví se kruhová cívka o vnitřním průměru 18 cm. Nejlépe je vyříznout z pěnového polystyrenu jádro o tomto průměru. Na ně se navine 50 závitů. Oba vývody cívky se vyvedou v těsné blízkosti (zkroucené).

Pak se kruhová cívka ovine dvěma vrstvami plastické izolační pásky. Pak se navine jedna vrstva hliníkové fólie. Ta působí jako stínění proti kapacitě země, aniž by negativně ovlivňovala citlivost detektoru kovů. Vhodná k tomuto účelu je fólie Alobal, nastříhaná na pásy o šířce asi 2 cm. Tyto pásy se navinou na vrstvu izolační pásky. Začátek a konec tohoto vinutí se však nesmí dotýkat – vznikl by tak zkratový závit, který by silně

ovlivnil citlivost hledací cívky.

Jeden z konců stínění se ovine holým pocínovaným drátem. Aby se dosáhlo dobrého kontaktu s fólií, je drát možné připájet. Vývod stínění se spojí s bližším koncem hledací cívky. Do tohoto bodu se připájí stínění kabelu, kterým je cívka připojena k destičce s elektronickými obvody. Nakonec se cívka ovine dvěma vrstvami izolační pásky.

Pro dosažení mechanické stability se použije držák hledací cívky, vyřiznutý z překližky. Příkladový dřevěný špalík slouží k upevnění držáku na dřevěnou hůl. Pro upevnění se samozřejmě nesmí použít žádné hřebíky, šrouby, ani jiné kovové části. Pak se na držák uloží cívka, a celek se ovine několika vrstvami plastické izolační pásky aby se dosáhlo odolnosti proti stříkající vodě.

Po dokončení sestavy cívky s holi chybí již „jen“ elektronická část, kterou je však možné velmi snadno zhotovit na desce s plošnými spoji. Potenciometry pro jemné a hrubé nastavení a nastavení hlasitosti jsou upevněny na krytu skrínky. Jak již bylo uvedeno, k propojení hledací cívky a destičky s elektronickými obvody musí být použit stíněný kabel.

*Funkschau 5/1984*

### Detektor kovů V

Činnost tohoto detektoru kovů je založena na skutečnosti, že vysokofrekvenční pole, generované hledací cívkou  $L_1$ , vyvolává v blízkém kovovém předmětu vířivé proudy. Energie potřebná pro vytvoření těchto vířivých proudů se odebrá z oscilátoru, zapojeného s tranzistorem  $T_2$ . Je to Colpittsov oscilátor, pracující na 140 kHz. Tento úbytek energie, která se v kovu mění v teplo, způsobuje zmenšení amplitudy oscilací.

### Popis zapojení

Signál na kolektoru  $T_2$  (viz schéma na obr. 10) je usměrňován diodou  $D_2$ , špičková hodnota je „uložena“ na kondenzátoru  $C_5$ . Všechny změny stejnosměrného napětí jsou zesilovány tranzistorem  $T_3$ . Zvětšení napětí na kolektoru  $T_3$ , způsobené detekcí kovu, způsobí, že výstup komparátoru s  $IO_1$  se překlopí do kladné úrovně, protože jeho invertující vstup je v tom okamžiku držen kondenzátorem  $C_8$  na zápornější úrovni, než jakou má neinvertující vstup. Nízkofrekvenční oscilátor s obvodem  $IO_2$ , který byl předtím blokován diodou  $D_3$ , nyní kmitá na 400 Hz a budí sluchátko.

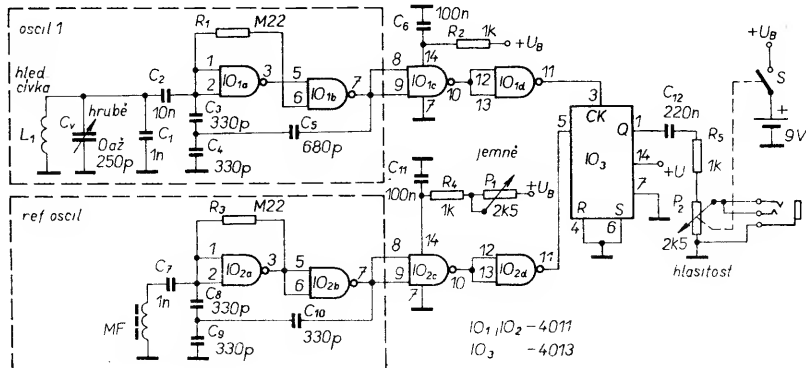
Stabilita obvodu je zajišťována paralelním stabilizátorem s tranzistorem  $T_1$ . Komparátor s  $IO_1$  používá dosti neobvyklou metodu vyrovnání offsetu,  $P_1$ , aby se dosáhlo velkého rozsahu nastavení – to je třeba pro vyvolání šumu, rušení a nestabilit, které se mohou v tomto velmi citlivém obvodu vyskytnout.

### Použití a konstrukce

Protože obvod detekuje změny napětí, nikoli absolutní hodnoty, není třeba znovu nastavovat  $P_1$ , když byl zpočátku nastaven. Kromě toho operátor nepotřebuje manipulovat žádnými nastavovacími prvky, a tak je používání přístroje velmi jednoduché. Operátor nepotřebuje žádné zvláštní zkušenosti pro zajištění mince v hloubce kolem 15 cm, nebo větších předmětů až v hloubce asi 90 cm.

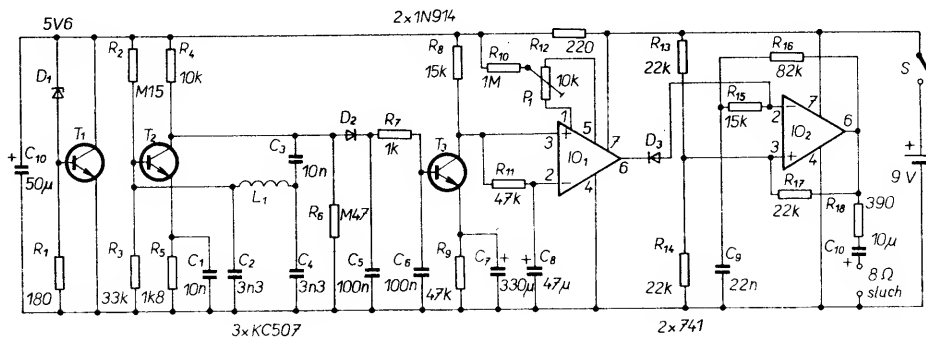
Přístroj potřebuje po zapnutí pro ustálení pracovních podmínek 60 sekund. Když se do pole přístroje dostane kovový předmět, detekční signál trvá kolem 2 sekund, pak se přístroj přizpůsobí nové amplitudě signálu oscilátoru.

Cívka  $L_1$  je obdélníková o rozměrech asi



Obr. 8. Detektor kovů IV.

Obr. 10. Detektor kovů V.



7,5 × 15 cm, navinutá 55 závitů drátu o Ø 0,5 mm. Baterie typu 51 D vydrží kolem 20 hodin nepřetržitého provozu.  
Practical Electronics duben 1980

## Jednoduchý detektor kovů

Toto zapojení pracuje s oscilátorem, který je rozladován přítomností kovu v blízkosti hledací cívky; rozladění se však nevyhodnocuje s použitím referenčního oscilátoru, jako u principu BFO, ale integrovaným obvodem pro fázový závěs.

### Popis zapojení

Schéma zapojení na obr. 11 ukazuje laděný obvod  $C_1$ ,  $C_2$  a  $L$  (hledací cívka), který určuje kmitočet oscilátoru s aktivním prvkem  $T_1$ . Zvolený princip funkce by mohl umožnit rozlišení magnetických a nemagnetických kovů, protože magnetické kovy zvětšují indukčnost hledací cívky a tím snižují kmitočet, zatímco u nemagnetických je tomu naopak. Toto rozlišování je však možné realizovat jen na velmi nízkých kmitočtech, protože u těch se ještě neuplatňují ztráty, způsobované vířivými proudy. Nad 200 Hz se však efekt vířivých proudů zvětšuje a každý kov působí do určité míry jako ztrátový závit transformátoru, zmenšuje tak indukčnost hledací cívky a tím zvyšuje kmitočet. Protože při nízkých kmitočtech jsou cívky objemné a jejich vinutí je obtížné, byl zvolen kmitočet oscilátoru kolem 300 kHz. Při takovém kmitočtu stačí jako cívka jediný závit. Tento jediný závit musí mít průměr 44 cm a může být zhotoven z běžného souosého kabelu, jehož stínění je uprostřed přerušeno (viz obrázek).

Signál na „cívce“ by měl být nejméně 500 mV (mezivrcholová velikost, tj. efekt. 170 mV), aby na kolektoru  $T_1$  byl signál kolem 4 V (mezivrcholová velikost) a byl tak dostatečně buzen  $IO_1$ . Integrovaný obvod 4046 pro smyčky s fázovým závěsem se v tomto zapojení používá jen jako převodník kmitočet/napětí. Aby bylo možné zachytit

i malé kmitočtové změny, obvod  $IO_2$  pracuje jako rychlý zesilovač.

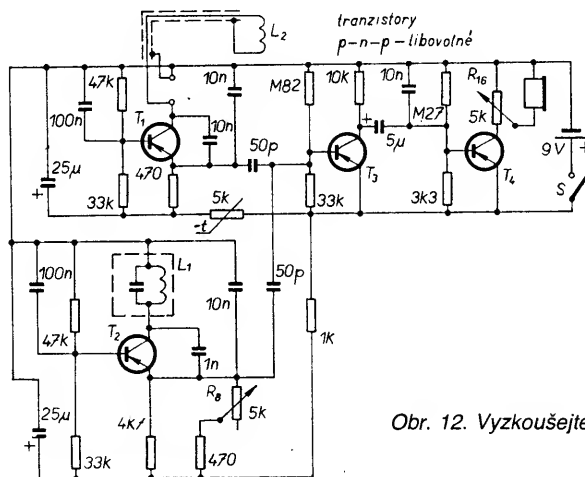
Přístroj se nastavuje takto: potenciometrem  $P_1$  se nastaví střední kmitočet fázové smyčky; potenciometr se nastaví tak, aby měřidlo neukazovalo žádnou výchylku. Potenciometr  $P_2$  lze používat k jemnému nastavení, když je potenciometrem  $P_3$  nastavena velká citlivost. Na rozsah nastavení není možné usuzovat pouze z odporu rezistorů  $R_{12}$  a  $P_3$ . Protože přes  $R_{10}$  a měřidlo vzniká kladná zpětná vazba, je rozsah nastavení zesílení mnohem větší, než by se očekávalo. Kdyby se použilo měřidlo s jiným rozsahem, je nutné příslušně změnit nejen  $R_{10}$ , ale také  $R_9$  a  $R_{11}$ .

Důležité pro hledání „pokladů“ je uvědomit si, že velikost cívky ovlivňuje velikost předmětů, které je možné najít. S cívkou o průměru 44 cm přirozeně není možné najít jednotlivý pětihaléř. Kdyby se však cívka měla zmenšit, musel by se použít příslušně větší počet závitů.

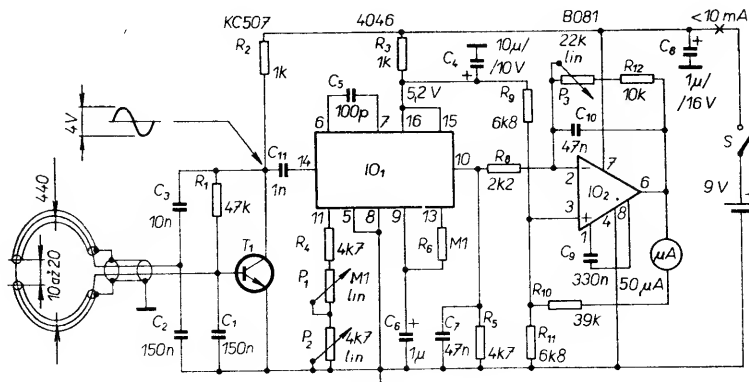
Elektor 7-8/1985

## Vyzkoušejte si detektor kovů

Detektor kovů podle schématu na obr. 12 pracuje se záněbovým principem. Toto další z řady zapojení pracuje na kmitočtu kolem 300 kHz a platí o něm to, co bylo uvedeno u podobných již popsaných zapojení. Zajímavé v této souvislosti je to, že se dodává ve formě stavebnice, a to ve dvou verzích. Tyto dvě verze se od sebe liší jen provedením hledací cívky. V levnější verzi se cívka navine prostě na krabíčku z plastické hmoty, ve které se stavebnice dodává (13 závitů lakovým drátem na rozměru 120 × 95 mm). Ve druhé verzi se používá dodávaná hotová cívka v podstatě čtvercového tvaru se zaoblenými rohy, provedená technologií plošných spojů. Na desce se spoji jsou na horní straně po obvodu vytvořeny odleptáním fólie závitů, na dolní straně fólie slouží jako elektrostatische stínění. To může být vhodnou inspirací pro případné experimentování i u jiných zapojení. A zdá se, že to není samostatné, protože obě verze používají stejnou elektronickou část, liší se tedy pouze provedením cívky. Jak je zřejmé z tabulky, provedení s cívkou na desce s plošnými spoji má téměř dvakrát větší citlivost:



Obr. 12. Vyzkoušejte si detektor kovů



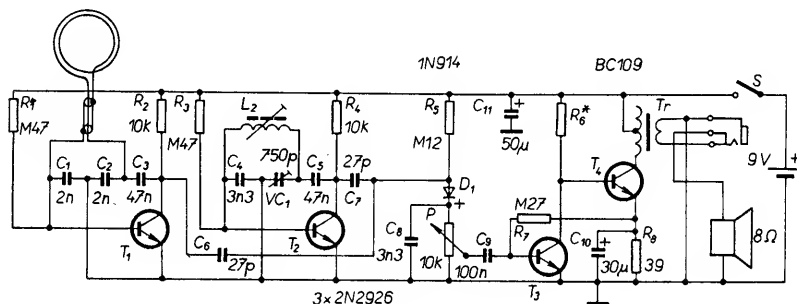
Obr. 11. Jednoduchý detektor kovů

	verze 1	verze 2
měděná vodovodní trubka (1/2")	90 mm	180 mm
špičáčky	50 mm	100 mm
holící čepelka	65 mm	90 mm
mince 5 c	50 mm	90 mm
mince 2 c	65 mm	100 mm
mince 20 c	75 mm	125 mm
nápojová plechovka 370 ml (hliník)	125 mm	225 mm
pánské hodinky s kovovým tahem	50 mm	100 mm

Electronics Australia prosinec 1977

V tomto článku je popsán další z kategorie jednoduchých přístrojů, založených na záznějovém principu, který je zdokonaleným provedením obdobného přístroje, který již byl před lety publikován. Zlepšení byla zaměřena na zlepšení mechanické konstrukce s ohledem na vyvážení přístroje v provozu, zvětšení maximální hlasitosti, stability přístroje a zlepšení hledací cívky. Původní oscilátory byly zaměněny za oscilátory typu Colpitts. Kromě toho byla podniknuta řada experimentů s volbou kmitočtu (a byl ponechán původní kmitočet kolem 130 kHz), s elektrostatickým stíněním, které na tomto kmitočtu nepřineslo významnější zlepšení, s použitím měřidla jako indikátoru (sluchová indikace je citlivější). Bylo podniknuto také několik experimentů s různými průměry hledací cívky. Bylo ověřeno, že čím větší je průměr cívky, tím větší je dosah pro větší předměty, ale současně se zmenšuje citlivost na malé předměty. Použitých 15 cm se považuje za nejlepší kompromis pro obecné použití, upozorňuje se na možnost použití výměnných cívek pro speciální aplikace.

Zapojení konečné verze je na obr. 13.



Obr. 13. Hledač pokladů

Tranzistor T<sub>1</sub> s připojenými součástkami tvoří hledací oscilátor, k němuž je hledací cívka připojena současně s kabelem. Tranzistor T<sub>2</sub> s příslušnými součástkami tvoří referenční oscilátor s „dlouhovlnnou“ cívkou L<sub>2</sub> o indukčnosti kolem 2 mH s feritovým jádrem.

Tento oscilátor se ladí proměnným kondenzátorem 750 pF a feritovým jádrem cívky L<sub>2</sub> v širokém kmitočtovém pásmu. Z kolektorů obou oscilátorů se signál přivádí přes kondenzátory C<sub>6</sub> a C<sub>7</sub> o malé kapacitě na detekční diodu, která dostává stejnosměrné předpětí přes rezistor R<sub>5</sub>. Odtud se signál přivádí na potenciometr k regulaci hlasitosti, nežádoucí složky téměř odstraňuje C<sub>8</sub>. Výstup z regulátoru hlasitosti se přivádí na jednoduchý zesilovač s tranzistorem T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub>. Ve schématu není uveden odpor rezistoru R<sub>6</sub>. Ten je třeba vybrat podle použitého tranzistoru. Pro počáteční nastavení je možné použít 22 kΩ a konečný odpor vyzkoušet tak, aby se dosáhlo maximálního výstupního výkonu při rozumné spotřebě (méně než 20 mA). Celý obvod je napájen z baterie 9 V. Odběr proudu závisí na volbě R<sub>6</sub>, bude však pravděpodobně v rozsahu 10 až 20 mA.

### Konstrukce

Hledací cívka je navinuta na mezikruží, vyříznuté z překližky tloušťky 6 mm o průměru 15 cm, do drážky na vnějším obvodu je použito 60 závitů drátu o průměru 0,3 mm. Doporučuje se zpevnit vinutí epoxidovým tmelem. Nosná trubka se používá hliníková. Konstrukce elektronické části není kritická.

Po nastavení na nejsilnější záznej a naladění výšky tónu je přístroj připraven k provozu. Když jsou kmitočty oscilátorů velmi blízko u sebe, mohou se oscilátory vzájemně synchronizovat, „strhávat“. U prototypu tento jev nastával při záznejovém kmitočtu kolem 20 Hz. Tuto nepříjemnost je možné kompenzovat použitím menších kapacit kondenzátorů C<sub>6</sub> a C<sub>7</sub>. Pokud jde o dosah, mince je možné obecně zjistit na vzdálenost 10 až 12 cm (podle velikosti mince). Velké předměty je možné zjistit až do vzdálenosti 30 cm. Do značné míry však při tom záleží na zkušenosti operátora.

### Practical Wireless

### Netypický detektor kovů

Tento detektor je založen na použití vyváženého indukčního můstku a pracuje se signálem nízkofrekvenčního kmitočtu. Indukční můstek se skládá ze dvou soustav cívek, které jsou vzájemně kolmé a tvoří vstupní a výstupní obvod nízkofrekvenčního zesilovače s velkým zesílením. Když jsou

konců cívky, je při daném počtu závitů a daném proudu cívkou pole v určité vzdálenosti v ose cívky závislé na jejím průměru. Čím větší je průměr, tím dále pole dosahuje. Čím však je větší průměr cívky, tím větší musí být předmět z kovu, aby vůbec pole mohl ovlivnit. U tohoto typu detektorů je tedy vždy třeba použít kompromis mezi velikostí předmětů, které mají být detekovány, a vzdáleností, ve které mají být detekovány.

Popsaný detektor zjistí hliníkový kroužek závěru nápojových plechovek, nebo sedmimetrový hřebík v hloubce 5 cm. Větší předměty, jako víko od popelnice, je možné zjistit v hloubce 50 cm. Detektor je citlivější na železné materiály, protože ty mají větší vliv na magnetické pole.

Při konstrukci elektrické části je třeba dbát na rozmístění součástí tak, aby zesilovač byl stabilní, aby se neuplatňovaly parazitní vazby mezi vstupem a výstupem zesilovače. Velmi důležité je konstrukce soupravy cívek. Hlavním materiálem pro její mechanickou stavbu je dřevo, výkres je na obr. 15. Při jejím zhotovení se kromě lakovaného drátu nepoužívá žádný kov. Všimněte si, že obě horizontální cívky mají nastavitelnou polohu, aby bylo možné nastavit minimální vazbu. Horizontální cívky mají 470 závitů, vertikální cívka má 870 závitů. Cívky jsou ke skřínce s elektronickým obvodem připojeny současně kabelem, jak ukazuje schéma zapojení.

Popular Electronics únor 1969

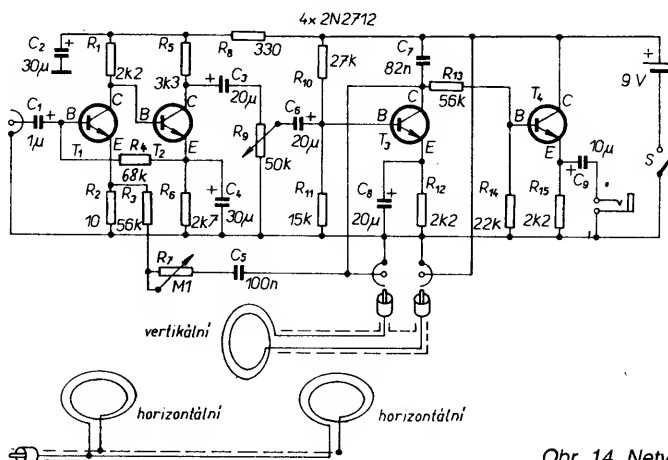
### Detektor kovů trochu jinak

Princip tohoto detektoru kovů nepatří mezi nejznámější. Jde o oscilátor s laděnou, lépe rozladovanou cívkou ve spojení s krystalovým filtrem, použitým pro vyhodnocení a indikaci změny kmitočtu. Je jednoduchý, citlivý a jeho stavba i používání je snadné.

### Popis zapojení

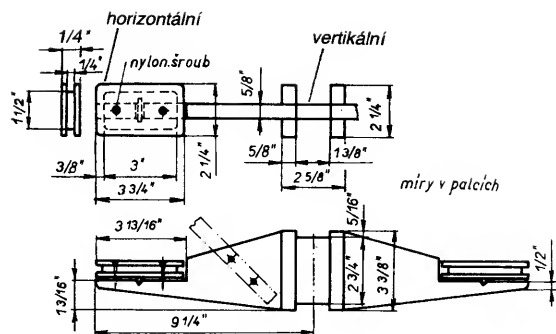
Jak je zřejmé ze schématu na obr. 16, tranzistor T<sub>1</sub>, hledací cívka L<sub>1</sub> a přidružené součástky tvoří Colpittsův oscilátor. Provoz kmitočtu určují kondenzátory C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> a indukčnost hledací cívky. Výstup oscilátoru je volně vázán z kolektoru T<sub>1</sub> do báze T<sub>2</sub> přes C<sub>5</sub> a R<sub>4</sub>. Tranzistor T<sub>2</sub> pracuje jako emitorový sledovač s napěťovým zesílením menším než jedna. Z emitoru T<sub>2</sub> se signál přivádí přes potenciometr P<sub>1</sub> a krystal 1 MHz, X<sub>1</sub>, do báze tranzistoru T<sub>3</sub>.

Pracuje-li oscilátor v úzkém propustném pásmu X<sub>1</sub>, v signál prochází krystalem (pracujícím v režimu sériové rezonance). V signál je pak usměrňován diodou D<sub>2</sub> a přechodem báze-emitor tranzistoru T<sub>3</sub>. Výsledná ss složka je zesilována tranzistorem T<sub>3</sub> a indikována miliampérmetrem.



Obr. 14. Netypický detektor kovů





Obr. 15. Konstrukce cívky

### Popis činnosti

Podívejme se nyní, jak obvod pracuje jako citlivý detektor kovů. Předpokládejme, že v blízkosti hledací cívky není žádný kov a napájení je zapnuto. Nastavíme oscilátor na dolní kmitočtovou hranici propusti s krystalem a potenciometr  $P_1$  nastavíme na výchylku ručky měřidla asi 0,2 mA.

Když se pak hledací cívka přiblíží ke kovovému předmětu, vzniknou v něm vířivé proudy. Tím se zmenší indukčnost cívky a zvýší se kmitočet oscilátoru. Krystalový filtr představuje pro signál mírně vyššího kmitočtu menší impedanci, na bázi tranzistoru  $T_3$  se proto dostane větší množství vlnové energie, což způsobí zvětšení výchylky ručky měřidla.

Pokud byl oscilátor nastaven na horní kmitočtovou mezi krystalové propusti, pak kovový předmět v blízkosti hledací cívky způsobí zmenšení výchylky ručky měřidla. Ale o tom až později.

S ohledem na stabilitu funkce musí být mechanická konstrukce pevná a stabilní.

### Hledací cívka

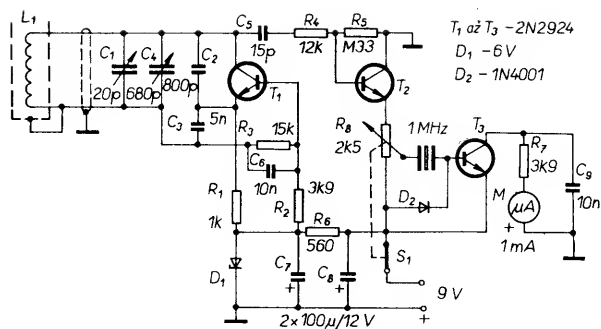
Měděnou trubku o  $\varnothing$  10 mm stočte do kruhu o průměru 26 cm, s mezerou asi 2,5 cm mezi oběma konci. Do této trubky se zasune šestižilový kabel tak, aby na obou koncích trubky přesahoval okraje trubky. Po odstranění izolace se žíly kabelu propojí tak, aby vznikla cívka o šesti závitů. Jeden konec měděného stínění se spojí s uzemněným koncem cívky, spojeným se stíněním sousedního kabelu.

Hledací cívka se vloží mezi dva kruhy z překližky 6 mm o průměru 28 cm, takže je mechanicky chráněna.

### Uvedení do provozu

Po dohotovení je možné přístroj zapnout a naladit. Hledací cívku umístíme tak, aby nebyla v blízkosti žádného kovového předmětu, zapneme napájení a potenciometr  $P_1$  nastavíme do polohy asi „1/8 otáčky“ ve směru hodinových ručiček od začátku odporové dráhy. Ladicí kondenzátor  $C_1$  se nastaví do střední polohy. Pak pomalu otáčíme kapacitním trimrem  $C_4$ , dokud se výchylka ručky měřidla zvětší; pokusíme se dosáhnout maxima indikace většího než polovina rozsahu měřidla a trimr v této poloze ponecháme. Pak se nastaví ladicí kondenzátor na výchylku ručky měřidla asi 0,2 mA.

S měřidlem stále ještě ukazujícím 0,2 mA zvolna přiblížíme hledací cívku ke kovovému předmětu. Když se výchylka ručky měřidla prudce zvětší, je detektor nastaven na nejcitlivější provozní režim. V něm oscilátor pracuje na dolní kmitočtové mezi ostré křivky krystalového filtru. Když se výchylka ručky měřidla při přiblížení cívky ke kovovému předmětu zmenší, oscilátor pracuje na horní kmitočtové mezi křivky filtru. V tomto režimu nebude přístroj tak citlivý.



Obr. 16. Detektor kovů trochu jinak

### Provoz

Vezměte přístroj do terénu a nastavte jej na nejcitlivější provozní režim. Když se cívka přiblíží k zemi, výchylka ručky měřidla se mírně zmenší. To je způsobeno vlivem země. Pro zmenšení tohoto jevu použijte cívku ve výšce 10 až 15 cm nad zemí.

Po určitých praktických zkušenostech zjistíte, že provoz s největší citlivostí odpovídá potenciometru  $P_1$  otočeném téměř zcela proti směru otáčení hodinových ručiček a ladicím kondenzátorem  $C_1$  nastaveným na malou výchylku ručky na stupnici.

Pro lokalizaci velkých předmětů v blízkosti povrchu země může být třeba nastavit obvod pro provoz s menší citlivostí. Nastavte potenciometr  $P_1$  do krajní polohy ve směru otáčení hodinových ručiček a ladicí kondenzátor na plnou výchylku měřidla. Když se s hledací cívku přiblížíte těsně ke kovovému předmětu, musí se výchylka ručky zmenšit. Pokud je tomu tak, je přístroj připraven pro hledání velkých předmětů.

Radio Electronics listopad 1967

### „Fázový“ detektor kovů

Navrhnout dnes nový detektor kovů není pro amatérského konstruktéra snadný úkol. Při návrhu popisovaného přístroje se vycházelo z těchto požadavků:

1. Neměl to být standardní, známý typ.
2. Neměl být ovlivňován vlivem země (bez použití speciálního stínění). Vliv země se u určitých typů detektorů projevuje změnou indikace, i když v zemi není přítomen žádný kov. Pro potlačení tohoto jevu musí být hledací cívka vhodně stíněna, nebo musí být udržována v konstantní vzdálenosti od země.
3. Konstrukce hledací cívky neměla být kritická, elektronické nastavování mělo být jednoduché a snadné.
4. Přístroj by měl být všestranně a jednoduše použitelný, s metodou indikace vhodnou i pro ty, kdo dost dobře nerozlišují malé změny výšky tónu.
5. Měl mít výkon nejméně takový, jako většina jednoduchých konstrukcí typu BFO a IB.

Po průzkumu všech možností se zdál jediným typem detektoru, který by mohl splňovat

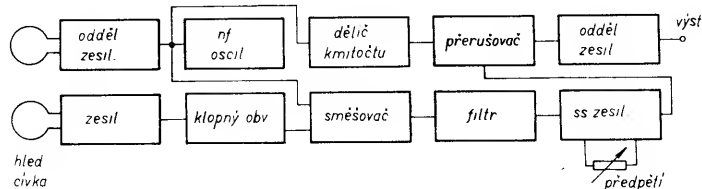
tyto požadavky, fázový detektor kovů na velmi nízkých kmitočtech. Jeho funkce je založena na detekci malých fázových změn signálu hledací cívky, ke kterým dochází, když se cívka přiblíží ke kovu. Velmi nízké kmitočty v oboru detektorů kovů obecně znamenají kmitočty na horním konci nízkofrekvenčního spektra, přičemž typickým kmitočtem je asi 17 kHz. Důvodem použití poměrně nízkých pracovních kmitočtů detektorů kovů je snaha zabránit problémům s vlivem země.

Praktické zkoušky s obvody fázového detektoru kovů byly povzbuzující a konečný návrh je velmi jednoduchý, ale efektivní. Pokud jde o výkon je jen poněkud horší, než u běžného detektoru IB. Větší citlivost ultracitlivých detektorů je stejně často nepoužitelná vzhledem k problémům s malými kousky železa nebo kovů v půdě.

S ohledem na poměrně jednoduchou konstrukci je výkon přístroje velmi dobrý. Zjistí minci 20 pencí na maximální vzdálenosti kolem 60 až 80 mm. Větší kousky kovu je možné detekovat na větší vzdálenosti, velké mince je možné zjistit na 100 až 150 mm. Větší kusy kovu mohou být zjištěny až na maximální vzdálenosti kolem 500 mm. To jsou výsledky lepší než u většiny přístrojů s BFO, ale snad poněkud horší, než u některých jednoduchých přístrojů na principu IB. Tato konstrukce je však jednodušší a zvláště zhotovení cívky není náročné na přesnost. V tomto směru je tento přístroj méně kritický, než konstrukce typu BFO. Citlivost je jistě dostatečná pro dosažení dobrých výsledků. Je však třeba si uvědomit, že uváděné citlivosti byly zjištěny při zkouškách „ve vzduchu“. Praktický výkon závisí na charakteristice půdy.

### Popis zapojení

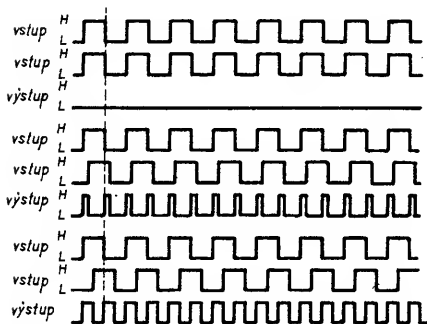
Blokové schéma na obr. 17 ukazuje základní uspořádání tohoto detektoru. Hledací cívka je ve skutečnosti uspořádána jako dvojité a tvoří vlastně transformátor. Nízkofrekvenční oscilátor budí primární vinutí přes oddělovací stupeň. Úkolem tohoto oddělovacího stupně je zajistit, aby kov v blízkosti hledací cívky nezpůsobil strhávání oscilátoru a neovlivňoval fázi jeho výstupního signálu. Oscilátor produkuje (více méně) pravouhlý signál.



Obr. 17. Blokové schéma fázového detektoru

Výstup ze sekundárního vinutí se přivádí do zesilovače s velkým zesílením a pak do spouštěného klopného obvodu. Výstupní signály nízkofrekvenčního oscilátoru klopného obvodu jsou pak dále zpracovávány v určitém druhu směšovacího obvodu. Tento směšovač ve skutečnosti tvoří hradlo typu EXCLUSIVE-OR-INVERT se dvěma vstupy. Hradla EXCLUSIVE-OR a EXCLUSIVE-OR-INVERT jsou pravděpodobně nejméně používané typy a někteří čtenáři možná nejsou seznámeni s jejich funkcí. Obvyčejné hradlo NOR má výstup, který předchází do stavu 0, když buď vstup 1 nebo (OR) vstup 2 přechází do stavu log. 1. Výstup přechází také do stavu log. 0, když jsou oba vstupy, 1 a (AND) 2 ve stavu log. 1. Hradlo EXCLUSIVE-NOR se liší od typu NOR pouze tím, že když jsou oba vstupy ve stavu log. 1, nepřejde výstup do stavu log. 0.

V této aplikaci potřebujeme směšovací obvod, který by měnil fázové zpoždění na proporcionální výstupní napětí, protože výstupní signál sekundárního vinutí se mírně zpožďuje za vstupním signálem; při zavedení kovu do blízkosti hledací cívky se však fázové zpoždění zvětšuje (nebo zmenšuje) pro železné (nebo neželezné) kovy. Hradla typu EXCLUSIVE-OR a EXCLUSIVE-OR-INVERT se možná nezdají nejvhodnější jako fázové detektory, ve skutečnosti však v tomto režimu pracují velmi dobře. Průběhy na obr. 18 mohou pomoci při vysvětlení funkce



Obr. 18. Průběhy fázového detektoru EXOR

detektoru tohoto typu. Předpokládáme použití hradla EXCLUSIVE-OR.

Horní tři průběhy odpovídají průběhům, dosaženým při použití vstupních signálů, které jsou ve fázi. Oba vstupy hradla jsou ve stavu log. 0, pak jsou oba ve stavu log. 1, pak opět v 0, atd. Nikdy se nedosáhne stavu, kdy by vstupy byly v opačných stavech, a tak je výstup stále ve stavu log. 0. Prostřední soubor průběhů odpovídá zpoždění signálu na druhém vstupu proti prvnímu asi o 45°. Oba vstupy jsou tak nyní v opačných stavech dvakrát v každém cyklu, i když jen krátce. Výstup je ve stavu log. 1 po asi 25 % času, což dává střední výstupní napětí rovné jedné čtvrtině napájecího napětí. V dolním souboru průběhů bylo fázové napětí zpoždění zvětšeno na 90°. To prodlouží periodu, po kterou jsou vstupní signály v opačných stavech a způsobí prodloužení výstupních impulsů, které jsou stále ještě dva na jeden vstupní cyklus. Střední výstupní napětí se zvětšuje na asi 50 % napětí zdroje. Když jsou vstupní signály vzájemně posunuty o 180°, oba signály jsou stále v opačných stavech a výstup bude stále ve stavu log. 1.

Hradlo typu EXCLUSIVE-OR-INVERT je prakticky hradlem EXCLUSIVE-OR s invertovaným výstupem. Proto můžeme použít hradlo EXOR a za ním NAND.

Po filtraci výstupních impulsů (aby se dosáhlo výstupního signálu s přiměřeným zvlněním, rovnému střednímu výstupnímu napětí) se dosáhne požadovaného převodu fázového zpoždění na napětí. Fázové změny, způsobené i velkými kusy kovu v malé vzdálenosti od hledací cívky jsou však velmi malé. V nejlepším případě jde o několik stupňů a malé objekty vzdálené více než několik milimetrů od hledací cívky způsobí fázový posuv velikosti zlomku stupně. Proto je třeba použít pro buzení následujících obvodů stejnosměrný zesilovač o velkém zesílení, aby se dosáhlo dostatečně velkého signálu. V klidových podmínkách existuje dosti velké fázové zpoždění, které by způsobovalo velký klidový signál. Obvod proměnného předpětí ve stejnosměrném zesilovači umožňuje tento klidový výstupní signál vynulovat.

Výstupní obvody přístroje se používají pro generování tónu, jehož hlasitost se zvětšuje nebo zmenšuje při zjištění kovu. Lidé, kteří mají dobrý hudební sluch, obecně považují změnu hlasitosti za lépe rozlišitelnou než změnu výšky tónu. Výstup ze ss zesilovače může být použit pro buzení ručkového měřidla, pokud se tomuto způsobu indikace dá přednost. Zkušenost však ukazuje, že je třeba se soustředit na práci s hledací cívkou, což vede k tomu, že je používání vizuální indikace obtížné.

Používá se tónu o kmitočtu několika set Hz, získávaného obvodem děliče kmitočtu z nízkofrekvenčního oscilátoru. Tím se buď obvod přerušovače, produkující nízkofrekvenční signál o mezivrcholovém napětí, rovném výstupnímu napětí stejnosměrného zesilovače. Tento signál se přivádí do oddělovacího stupně, který napájí výstupní konektor. V tomto zapojení je možné použít krystalové sluchátko a většinu běžných sluchátek o větší impedanci.

Úplné schéma zapojení je na obr. 19. Jako nízkofrekvenční oscilátor se používá jednoduchý astabilní obvod s IO 555. Pracovní kmitočet obvodu je zhruba 16 kHz. Primární vinutí hledací cívky ( $L_1$ ) je buzeno oddělovacím stupněm (emitorový sledovač) s tranzistorem  $T_1$ . Rezistor  $R_3$  omezuje budicí proud na několik mA. Jak primární, tak i sekundární vinutí je opatřeno paralelně zapojenými kondenzátory pro „naladění“, které jsou nutné pro dosažení „rozumné“ citlivosti.  $IO_2$  zesiluje výstupní signál ze sekundárního vinutí. Velké zesílení tohoto obvodu způsobuje značné ořezání výstupního signálu.  $P_1$  se nastavuje tak, aby se dosáhlo výstupního signálu s vhodnou střídou.

Tento signál se zpracovává obvodem  $IO_3$ , což je hradlo CMOS EXCLUSIVE-OR-INVERT, které v tomto případě pracuje jako jednoduchý invertor. Obvod  $IO_{3b}$  je hradlo EXCLUSIVE-OR-INVERT, pracující jako fá-

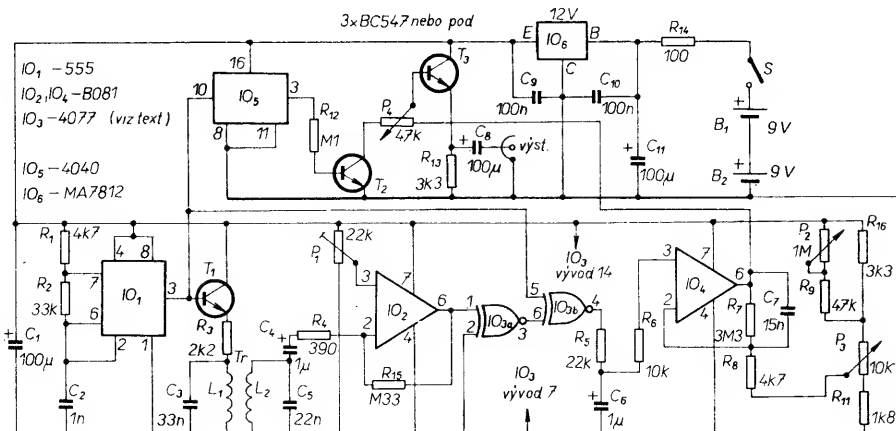
zový detektor, když je napájeno z výstupů  $IO_1$  a  $IO_{3a}$ . Jeho výstupní signál je filtrován a upraven na přiměřeně malou úroveň zvlnění dolní propustí, složenou z  $R_6$  a  $C_6$ . Obvod  $IO_4$  pracuje jako stejnosměrný zesilovač s napěťovým zesílením asi 300 až 400. Byla dána přednost lepší stabilitě před velkou citlivostí. Pokud chcete dosáhnout větší citlivosti, je možné zvětšit odpor rezistoru  $R_7$  a (nebo) nahradit  $R_8$  zkratovou spojkou. Uvědomte si však, že větší zesílení povede také k zesílení každého driftu a bude třeba častěji přístroj nastavovat. Také bude obtížnější přesné nastavení ovládacích prvků předpětí. Jde o ovládací prvky  $P_2$  (jemné nastavení) a  $P_3$  (hrubé nastavení). Kondenzátory  $C_7$  slouží k další filtraci, zajišťující velmi malé zvlnění stejnosměrného výstupního signálu.

Jako dělič kmitočtu je použit obvod CMOS,  $IO_5$ , typu 4040, který je dvanáctistupňový, v tomto obvodu se však využívá pouze pěti stupňů. To znamená dělení 32 a výstupní signál má tedy kmitočet 500 Hz. Tento signál se používá pro buzení spinacího tranzistoru  $T_2$ , který přerušuje výstup obvodu  $IO_4$ .  $P_4$  tvoří kolektorovou zátěž  $T_2$  a pracuje jako regulátor hlasitosti. Tranzistor  $T_3$  zapojený jako emitorový sledovač pracuje jako výstupní obvod.

Pro napájení přístroje je třeba použít velmi stabilní zdroj v rozsahu 9 až 15 V. Jedna baterie 9 V je nevhodná, protože by to vedlo ke zcela nevyhovující stabilitě. Proto byly použity dvě baterie 9 V v sérii a monolitický stabilizátor napětí, který dává dobře stabilizované napájecí napětí 12 V. Celkový odběr proudu je asi 17 mA.

#### Konstrukce a nastavení

Elektronickou část lze sestavit na desce s plošnými spoji, jinak není mechanická konstrukce detektoru kritická. Doporučuje se věnovat pozornost mechanickému vyvážení, aby používání přístroje v praxi nebylo zbytečně namáhavé. Na rozdíl od jiných typů detektorů kovů může být u tohoto fázového detektoru použit v blízkosti hledací cívky kov. Lze proto použít kovovou nosnou trubku, upevněnou k hledací cívce kovovou objímkou. Kostra cívky byla zhotovena z překližky, střední část o rozměrech  $140 \times 100$  mm, s čely  $200 \times 150$  mm. Primární vinutí má 100 závitů lakovaným drátem o  $\varnothing 0,2$  mm, sekundární vinutí 25 závitů stejným drátem. Vinutí nemusí být závit vedle závitů, závit by však měl být dobře „utažený“ (volné závit by mohl způsobovat falešnou indikaci). Vinutí jsou k elektronické části připojena stíněnými vodiči. Po vyzkoušení se doporučuje vinutí izolovat epoxidovou pryskyřicí.



Obr. 19. Zapojení fázového detektoru kovů

Pokud máte možnost použít osciloskop, nastavte  $P_1$  tak, aby výstup  $IO_{3b}$  dával symetrické dvojice impulsů. Když to není možné, je třeba vyhledat takovou polohu  $P_1$ , při níž se dosáhne nejlepších výsledků. Na šesti není nastavení tohoto potenciometru kritické (zdá se, že nastavení zhruba do střední polohy dává uspokojivé výsledky).

Při používání přístroje nastavte  $P_2$  zhruba do střední polohy a knoflíkem potenciometru  $P_3$  otočte zcela proti směru otáčení hodinových ručků. Při vhodném nastavení potenciometru hlasitosti pak otáčejte potenciometrem  $P_3$  ve směru hodinových ručků, dokud neuslyšíte ze sluchátek hlasitý tón. Pak nastavte  $P_2$  tak, aby se zmenšila hlasitost tónu na tichý, avšak zřetelně slyšitelný poslech. Umístění hledací cívky do blízkosti kovového předmětu by mělo způsobit změnu hlasitosti tónu – její zvětšení nebo zmenšení. Správně by měl být detektor nastaven tak, aby se hlasitost zvětšila pro neželezné kovy a zmenšila pro kovy s obsahem železa. Takové funkce se dosáhne, když jsou vinutí  $T_1$  zapojena ve fázi. Je však také možné dát přednost tomu, aby zajímavé předměty (což většinou znamená neželezné kovy) způsobovaly zmenšení hlasitosti, protože malé zmenšení hlasitosti se lépe identifikuje, než malé zvětšení. Pak je možné zapojit vinutí  $L_1$  v opačné fázi (tj. jeden začátek vinutí uzemnit, začátek druhého vinutí použít jako živý vývod). Je to možné vyzkoušet obojím způsobem a tak zjistit, který z obou způsobů vám bude lépe vyhovovat.

Zajímavé je, že bylo zjištěno, že feritové tyčky a kousky železa měly opačný vliv, než většina ostatních kovů, avšak ocel (která se považuje za kov obsahující železo) obvykle nikoli. Pro optimální citlivost se musí udržovat takové nastavení potenciometru  $P_2$ , aby tón ve sluchátkách byl v klidových podmínkách poměrně tichý. Mírný drift přístroje je nevyhnutelný – proto je třeba pro udržení optimální citlivosti občas nastavit potenciometr  $P_2$ . Pokud zjistíte, že je třeba často nastavovat  $P_2$  a  $P_3$ , znamená to, že jsou baterie téměř vyčerpány. Vliv země nezpůsobuje žádné problémy. Pokud v určité oblasti způsobuje půda stále malou výchylku přístroje, znamená to, že půda má vysoký obsah sloučenin kovů. Tento jev není tak vzácný, jak by se zdálo, a může občas hledání velmi ztížit.

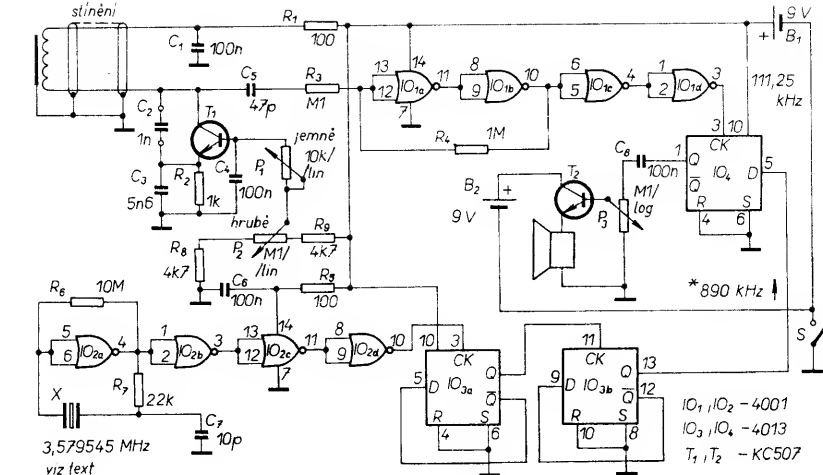
Practical Electronics říjen 1988

## Citlivý detektor kovů

Popisovaný přístroj (obr. 20) používá nejjednodušší techniku: detekuje změnu indukčnosti jediné hledací cívky. Jde o zánějový oscilátor (BFO), ve kterém je tato cívka součástí laděného obvodu oscilátoru. Výsledným signálem je záněj, jehož kmitočet se rovná rozdílu kmitočtů obou oscilátorů a ten se vlivem kovového předmětu v blízkosti cívky mění. Hlavní předností tohoto typu detektoru je jednoduché zapojení a možnost dobrého zaměření. Většina dříve publikovaných konstrukcí byla málo citlivá a relativně nestabilní po naladění. Vtipné řešení směšování a několik dalších drobných zlepšení může tyto problémy překonat. Tento nový detektor, používající některá moderní zlepšení, prokázal podobnou citlivost jako detektor typu IB s vyváženou indukčností, přitom jeho sestavení a uvedení do chodu je snadnější.

### Popis činnosti

Detektor má tři ovládací prvky: HRUBÉ nastavení kmitočtu a HLASITOST se spínačem. Ovládací prvek pro hrubé nastavení kmitočtu se používá pro počáteční nastavení kmitočtu hledacího oscilátoru a vyrovnání různých činitelů, ovlivňujících drift tohoto oscilátoru (převážně teplota a napětí baterie). Jemné nastavení kmitočtu se pak používá pro nastavení nízkého tónu, když je detektor umístěn nad zemí, což dovoluje kompenzovat vliv země na kmitočet hledacího oscilátoru. Regulátorem hlasitosti se nastavuje hlasitost výstupu z reproduktoru.



Obr. 20. Citlivý detektor kovů

Při návrhu detektoru jde o dva hlavní problémy – kmitočtovou stabilitu obou oscilátorů a nepatrnou kmitočtovou změnu, kterou je nutné určit.

Hledací oscilátor, který byl nakonec použit, je výsledkem určitého experimentování. Nejříve byl zkoušen oscilátor LC využívající hradel CMOS. Ten se ukázal méně stabilním, než se očekávalo, a navíc stejnosměrné řízení kmitočtu změnou napájecího napětí mělo nedostatky. Po řadě dalších experimentů jsme se rozhodli pro oscilátor s diskretními součástkami, který pracoval podle našich představ.

Hledací cívka v zapojení, které bylo použito, tvoří indukčnost v Colpittsově oscilátoru. Cívka je pro zvětšení vř proudů umístěna v kolektorovém obvodu  $T_1$ . Zpětná vazba je zavedena mezi kolektorem a emitorem, báze je spojena s vř zemí. Kapacita určující kmitočet je pro dosažení zpětné vazby rozdělena, a tvoří ji kondenzátory  $C_2$  a  $C_3$ . Při návrhu byla věnována velká pozornost dosažení základní kmitočtové stability tohoto oscilátoru. Jako  $C_2$  a  $C_3$  byly použity kvalitní polystyrenové kondenzátory. Mají teplotní činitel přibližně opačný, než ostatní tepelné vlivy, působící na kmitočet oscilátoru. Obecně je krátkodobá stabilita tohoto oscilátoru velmi dobrá.

Použití uspořádání oscilátoru přineslo velmi užitečnou výhodu – kmitočet oscilátoru lze stejnoměrně řídit ve velmi malém rozsahu. Změna předpětí báze tranzistoru způsobí změnu kapacity kolektor-báze. V tomto zapojení je kapacita kolektor-báze součástí celkové rozptylové kapacity, která určuje přesný kmitočet oscilací. Zvětšuje-li se proud báze, kapacita kolektor-báze se zmenšuje a kmitočet oscilátoru se zvyšuje. Tímto způsobem je možné měnit kmitočet oscilátoru v rozsahu kolem deseti procent. Kmitočet lze měnit dvěma ovládacími prvky, z nichž „jemné nastavení“ dává změnu asi jedné desetiny „hrubého nastavení“.

Hledací oscilátor je volně vázán kondenzátorem 47 pF s následujícím Schmittovým klopným obvodem CMOS a dvěma invertory, na jejichž výstupu je pravoúhlý signál. Volná vazba odděluje oscilátor od následujících obvodů a tak dále zlepšuje stabilitu hledacího oscilátoru.

Jako referenční oscilátor (vzhledem k potřebné stabilitě) byl použit krystalový oscila-

tor, i když se vyskytl názor, že kdyby se jako referenční oscilátor použil obyčejný oscilátor LC, měl by mít podobný drift jako hledací oscilátor, čímž by se mohl zmenšit celkový drift. Pro referenční oscilátor by bylo možné použít běžný mf transformátor 455 kHz. V praxi však mají oba driftы výrazně odlišné vlastnosti. Proto se ukázalo, že jako nejvhodnější je stabilní oscilátor s krystalem.

Referenční oscilátor je jednoduchého zapojení s invertorem, využívající jednoho hradla ze čtveřice hradel NAND ( $IO_2$ ). Má výstupní napětí pravoúhlého průběhu, které po průchodu dalšími třemi hradly v  $IO_2$  budí obvod  $IO_3$ , který pracuje jako dělička čtyřmi.

V originálu byl použit krystal 3,579545 MHz (subnosný chromitanční kmitočet NTSC), lze však použít libovolný krystal 3 až 4 MHz. Na výstupu  $IO_3$  je kmitočet kolem 890 kHz (nebo podle použitého krystalu, referenční kmitočet). Přesný kmitočet není podstatný, pokud je stabilní.

Hledací oscilátor pracuje na kmitočtu o něco vyšším než je 100 kHz, tedy přibližně na jedné osmíné referenčního kmitočtu.

Tajemství celkové citlivosti tohoto detektoru je v obvodu směšovače. Ten používá jednu část klopného obvodu 4013. Výstup z děličky signálu referenčního oscilátoru (na kmitočtu 890 kHz) se přivádí na vstup D obvodu  $IO_{4a}$ , výstup signálu hledacího oscilátoru, upravený na pravoúhlý průběh, se přivádí na vstup signálu hodinového kmitočtu. Když se hodinový kmitočet (tj. kmitočet hledacího oscilátoru) změní o 1 Hz, výstupní záněj (z výstupu Q obvodu  $IO_{4a}$ ) se změní o 8 Hz, čímž se značně znásobí i nejmenší změny kmitočtu oscilátoru.

Výstupní signál ze směšovače se přivádí do jednoduchého nízkofrekvenčního zesilovače, který budí reproduktor. Vzájemné vazby mezi hledacím a referenčním oscilátorem musí být pečlivě odstraněny a ke směšovači musí být oba oscilátory připojeny přes oddělovací zesilovače, aby se zabránilo jejich vzájemnému ovlivňování, které by způsobilo nesprávnou funkci, zvláště při nastavení výstupního signálu s nízkými výstupními kmitočty. Byla proto použita důkladná filtrace napájecího napětí a oddělovací stupně pro každý oscilátor. Bylo také zjištěno, že je vhodné použít pro nízkofrekvenční zesilovač zvláštní baterii, aby se zabránilo ovlivňování činnosti oscilátorů velmi krátkými proudovými impulsy nízkofrekvenčního stupně.

## Zapojení

Detektor kovů na principu záznamového oscilátoru používá dva oscilátory: velmi stabilní referenční oscilátor a hledací oscilátor. Jako hledací oscilátor se používá laděný obvod, který je navržen tak, aby byl ovlivněn přítomností kovů nebo minerálů, které se dostanou do jeho pole. Oba oscilátory jsou nastaveny tak, že kmitočet jednoho z nich je harmonickým násobkem druhého, a oba se pak přivádějí do směšovače. Když je hledací kmitočet osminásobkem hledacího kmitočtu, výstup ze směšovače je nulový. Když se hledací kmitočet mírně změní, pak se na výstupu směšovače objeví signál, jehož kmitočet je rozdílem mezi oběma vstupními kmitočty. Tento rozdílový kmitočet se volí v rozsahu tónových kmitočtů.

Když se do blízkosti hledací cívky dostane kov nebo minerál, kmitočet oscilátoru se změní, což způsobí změnu kmitočtu výstupního kmitočtu směšovače. Změnu výšky tónu z reproduktoru je možné snadno rozpoznat.

Referenční oscilátor používá krystal, zapojený v obvodu oscilátoru CMOS, používajícího jedno hradlo ( $IO_{2a}$ ). Rezistor  $R_6$  nastavuje hradlo do lineární pracovní oblasti. Hradla  $IO_{2b}$ ,  $c$ ,  $d$  se používají jako oddělovací stupně, aby se zamezilo „strhávání“ kmitočtu oscilátoru vnějšími vlivy a pro další tvarování výstupního pravoúhlého signálu. Dva klopné obvody ( $IO_3$ ) dělí referenční signál čtyřmi na 890 kHz.

Hledací oscilátor používá tranzistor v zapojení se společnou bází, s hledací cívkou zapojenou v kolektoru. Použití cívky v kolektoru zvyšuje intenzitu pole kolem cívky a tak umožňuje překonat určité ztráty v signálu v půdě. Zpětná vazba je nastavena volbou poměru kapacity  $C_2$  k  $C_3$  mezi kolektorem a emitorem. Kapacita obou kondenzátorů určuje kmitočet oscilátoru. Báze je vysokofrekvenčně uzemněna kondenzátorem  $C_4$ .

Změnou předpětí tranzistoru je možné změnit jeho vnitřní kapacitu. Tím se změní i kmitočet oscilátoru, protože kapacity tranzistoru tvoří část rozptylových kapacit obvodu LC. Potenciometry  $P_1$  a  $P_2$  umožňují hrubě a jemně nastavit kmitočet. Rezistory  $R_8$  a  $R_9$  omezují maximální a minimální napětí na bázi, aby se zabránilo přetížení tranzistoru při vyzáření oscilátoru.

Výstupní signál hledacího oscilátoru je přiváděn na Schmittův obvod s hradly  $IO_{1a}$ ,  $1b$ , kde se tvaruje a dále prochází oddělovacími stupni  $IO_{1c}$ ,  $1d$ . Signál hledacího kmitočtu se pak přivádí na směšovač.

Oba oscilátory jsou vzájemně odděleny i filtračními členy napájecího napětí ( $R_1$ ,  $C_1$  a  $R_5$ ,  $C_6$ ).

Směšovač používá polovinu dvojitého klopného obvodu D. Hledací i referenční signál jsou přiváděny na hodinový vstup, případně vstup D. Když jsou kmitočty obou oscilátorů přesně v poměru sudých harmonických (tj. 2., 4., 6. nebo v našem případě 8. harmonické), na výstupu D bude vždy stejná úroveň při každém hodinovém impulsu. Výstup ze směšovače na vývodu Q bude tedy stále stejný – žádné impulsy.

Když se však hledací kmitočet změní a vstupy D a hodinového signálu již nebudou v harmonickém vztahu (změní se vzájemně jejich fáze), po několika hodinových impulsích nebude stav vstupu D stejný – změní se stav výstupu. To vede k tomu, že na výstupu Q vzniká řada signálů pravoúhlého průběhu, jejichž kmitočet je osminásobkem kmitočtu hledacího oscilátoru.

Kondenzátory  $C_8$  a  $P_2$  tvoří derivační obvod, kterým se impulsy přivádějí do nízkofrekvenčního zesilovače s  $T_2$  při každé změně stavu na výstupu směšovače. Každý cyklus směšovače způsobí dva impulsy v reproduktoru. Když se kmitočet hledacího oscilátoru změní o 8 Hz kmitočet signálu na výstupu směšovače se změní též o 8 Hz a v reproduktoru vznikne 8 impulsů.

## Hledací cívka

Nejdůležitější charakteristickou vlastností hledací cívky je její velikost. Překvapující je, že, jak se zdá, skutečná indukčnost nemá velký vliv na citlivost. Čím větší je průměr cívky, tím větší je hloubka dosahu, ale zmenšuje se citlivost pro malé předměty. Obecně platí, že dosah je přibližně roven průměru hledací cívky, zatímco citlivost je zhruba úměrná třetí mocnině průměru předmětu (při vyjádření jako funkce průměru hledací cívky). Citlivost je také nepřímo úměrná šesté mocnině vzdálenosti mezi cívkou a předmětem.

To všechno znamená, že když se rozměr předmětu zmenší na polovinu, citlivost se změní na jednu osminu. A také, když vzdálenost zdvojnásobí, citlivost se zmenší na 1/64. Pak je snadné pochopit, proč všechny detektory kovů, určené pro hledání malých předmětů, používají malé cívky ( $\varnothing$  150 až 300 mm), a téměř „kloužají“ po povrchu terénu. Když se pro dosažení větší hloubky dosahu průměr hledací cívky zdvojnásobí, citlivost pro malé předměty se zmenší na jednu osminu.

Některé dražší detektory kovů zlepšují dosah při dodržení citlivosti použitím velmi složitě uspořádaní cívek, kterým se dosahuje změny tvaru pole. Toho může být do určité míry dosaženo u detektoru BFO použitím oválného tvaru cívky.

Byla použita kruhová cívka o průměru 150 mm, aby se dosáhlo dobré citlivosti pro malé předměty při dosahu kolem 100 až 150 mm, kterou je možné snadno zhotovit, přitom však zůstává dostatečné pole pro experimentování. Počítejte však s tím, že při zvětšení průměru cívky je nutné zmenšit počet závitů tak, aby kmitočet hledacího oscilátoru zůstal stejný (kolem 110 kHz).

Při pohybu hledací cívky se mění kapacita mezi cívkou a zemí a ostatními předměty. Tyto změny kapacity mohou způsobit posuvy kmitočtu oscilátoru, které úplně překryjí vliv změny indukčnosti, kterou požadujeme. Cívku je možné od těchto vlivů odstínit stíněním. To spočívá v našem případě v ovinutí cívky hliníkovou fólií, která však musí být v jednom místě přerušena, aby nevznikl závit nakrátko. Toto stínění je připojeno k nulové napájecí sběrnici oscilátoru (0 V).

## Konstrukce

Pro konstrukci byly použity běžně dostupné mechanické a elektronické součásti, aby sestavení přístroje bylo co nejjednodušší – zvláště pro začátečníky. Hledací cívka je umístěna v plastické misce pod květináč o průměru 165 mm. Elektronická část byla vestavěna do krabíčky z hliníkového plechu, upevněná na trubce, na jejímž druhém konci je upevněna hledací cívka. Může být použita trubka o průměru kolem 25 mm z plastického materiálu, o délce asi 850 mm, ohnutá asi 100 mm od konce asi o 60° (pro vytvoření držadla). Je také možné použít hliníkovou trubku, v tomto případě je však třeba vložit mezi konec trubky a hledací cívku vložku z izolačního materiálu, aby kov končil asi 200 až 250 mm od hledací cívky.

Hledací cívku navineme tak, aby ji bylo možné vložit dovnitř po obvodu misky, lakovaným drátem o  $\varnothing$  0,4 mm, má 70 závitů. Nejlépe je použít přípravek z tvrdé lepenky,

„navinutý“ do vnitřního průměru misky. Po navinutí se cívka zpevní ovinutím dvěma vrstvami izolační pásky, aby stínění bylo přerušeno v místě vývodu cívky, stínění se nakonec ovine měděným cínovaným vodičem se stoupáním asi 10 mm. Nakonec se cívka ovine dalšími dvěma vrstvami izolační pásky a vloží se a zalepí do misky.

## Používání

Po dohotovění přístroje se detektor zapne, nastaví se hlasitost, a při otáčení hrubým laděním má být slyšet řada záznamů, z nichž jeden je velmi silný. Ten se běžně používá, ostatní záznamy jsou liché násobky kmitočtu referenčního signálu v kombinaci s násobky kmitočtu hledacího oscilátoru. Některé z těchto slabších signálů však mohou být při detekci předmětů užitečnější, než silný signál.

Nastavte ovládací prvek jemného ladění do středu a hrubým laděním nastavte silný záznam, přičemž hledací cívka je vzdálena od země. Při jejím přiblížení k zemi zjistíte změnu kmitočtu. Ten vyvolává vliv země, který se liší u různých druhů půd. Prvkem jemného nastavení se nastaví nízký tón a pohybem cívky nad terénem se vyhledávají kovové předměty. Kovový předmět způsobí jasné slyšitelnou změnu výšky tónu.

Ucho je citlivější na změny výšky tónu na nízkých kmitočtech, proto je nejlépe nastavit jemné ladění na hluboký tón.

Teoreticky by se měl kmitočet hledacího oscilátoru zvýšit při detekci neželezného předmětu v dosahu hledací cívky a snížit při železném předmětu. V praxi to však tak docela neplatí, protože vířivé proudy v železných materiálech způsobují, že přístroj na ně reaguje podobně jako na neželezné materiály. Při tom záleží také na tom, na kterou stranu nulového záznamu je hledací kmitočet nastaven.

V běžném provozu se snažte pohybovat hledací hlavou v konstantní vzdálenosti od země, pravidelnými pohyby tak, aby byl prohledávaný terén pokryt co nejdokonaleji.

ETI březen 1980

## Detektor kovů Beachcomber

Beachcomber je detektor kovů s možností rozlišit kovy železné a neželezné a s automatickým nulováním. Je vybaven i ovládacím prvkem pro potlačení vlivu země. Je citlivý a přesný – ideálně vhodný pro hledání mincí a drobných předmětů.

Detektor má šest ovládacích potenciometrů a dva přepínače. Zpočátku může být nezkušený operátor dosti zmaten, provoz je však pro zvládnutí techniky měření jednoduchý.

Nejprve se v krátkosti podíváme na to, jaké ovládací prvky přístroj má. Přední panel je rozdělen do tří oblastí – měřidla, nízkofrekvenční a nastavení režimu. Začneme oblastí „nastavení režimu“, která obsahuje potenciometry rozlišení a potlačení. Těmi se ovládá stupeň rozlišení (diskriminace) kovů, případně potlačení vlivu země.

Režimy rozlišení nebo potlačení se volí páčkovým přepínačem, umístěným v rukojeti. Použitím tohoto přepínače, který používá mžikový kontakt, se také nuluje ručka měřidla. To nás přivádí k sekci měřidla na předním panelu, která obsahuje potenciometry „nastavení zesílení“ a „nastavení nuly“. Funkce zesílení určuje citlivost měřidla (je také spojena se spínačem napájení).

Ovládací prvek pro nastavení nuly se používá pro přesné nastavení bodu, na který se vrací ručka měřidla (s nulou uprostřed stupnice) při vynulování. Ve většině případů se nastavuje tak, že se nastavuje do středu

stupnice. Jsou však určité důvody k tomu, že to není vždy ideální, avšak o tom více později.

Sekce nízkofrekvenční obsahuje regulátor hlasitosti a prvek pro nastavení prahové hodnoty. Hlasitost je jasná; nastavení prahové hodnoty určuje velikost výchylky ručky měřidla, při níž zazní zvukový signál. Kmitočet zvuku pak závisí na výchylce měřidla – čím větší výchylka ručky, tím vyšší kmitočet.

Posledním zbývajícím ovládacím prvkem je druhý přepínač. Tím se přístroj přepíná do automatického nebo „ručního“ režimu. V „ručním“ režimu se měřidlo nuluje použitím páčkového přepínače, jak již bylo popsáno. V automatickém režimu je měřidlo průběžně nulováno automaticky. Časová odezva této funkce je však tlumena tak, že měřidlo může zaregistrovat nález. Přechod ručky měřidla od nuly do plné výchylky proběhne přibližně za jednu sekundu.

### Pracovní režimy

Ve schématu zapojení (obr. 21) je obvod oscilátoru vlevo od vysílací cívky. Vlivem indukční vazby se signál oscilátoru objevuje i na „přijímací“ cívce. Všechny kovy, které se dostanou do magnetického pole cívky pak způsobí změnu amplitudy i fáze přijímaného signálu.

Přijímaný signál může být zpracován dvěma způsoby (podle toho, byl-li zvolen režim „rozlišení“ nebo „potlačení“). V obou případech je však signál usměrněn a pak přiveden do obvodu buzení měřidla (ve schématu IO<sub>6a</sub>). Obvody v této části schématu se vzta-

huji k ručnímu (manuálnímu) a automatickému nulování měřidla.

Po pravé straně této části schématu je nízkofrekvenční část zapojení, soustředěná kolem IO<sub>7</sub>.

### Popis zapojení

Oscilátor signálu pro hledací cívku používá komplementární tranzistory T<sub>1</sub> a T<sub>2</sub>, které kmitají na kmitočtu kolem 9 kHz a produkují téměř sinusový mezivrcholový signál o napětí až 25 V.

Rezistory v bázích tranzistorů nejsou stejné – jeden z nich je 4,7 kΩ namísto 8,2 kΩ. To umožňuje, aby oscilátor pracoval i při menších napětích, než by bylo možné při dokonale symetrickém zapojení. Způsobená nesymetrie vysílaného signálu je jen mírná a nemá žádné nepříznivé důsledky.

Přestože signál oscilátoru je přiváděn také do smyčky fázového závěsu s obvodem 4046, nebudeme se nyní touto částí zapojení zabývat. Budeme se zatím věnovat přijímací části a jejímu zapojení. K dosažení nejúčinnější vazby signálu se vstupní přijímací cívkou při navrženém provozním kmitočtu je použit paralelní kondenzátor 0,22 nF. Tak se dosahuje jmenovitého mezivrcholového přijímaného signálu 70 mV.

Kondenzátor 22 nF a rezistor 1 kΩ tvoří článek RC (horní propust), přes který se přijímaný signál přivádí na obvod IO<sub>2a</sub>. Jmenovitý bod poklesu charakteristiky o 3 dB je kolem 8 kHz.

IO<sub>2a</sub> je operační zesilovač TL062 (BO62), zapojený jako neinvertní zesilovač se zesílením 34. Všechny operační zesilovače,

použité v původním zapojení jsou TL062 (BO62), což je verze dvojitého operačního zesilovače TL072 s malou spotřebou. Spotřeba je kolem 200 μA na jeden zesilovač (na rozdíl od 1,4 mA při použití TL072). Při šesti operačních zesilovačích v zapojení to jistě vede k nezanedbatelné úspoře baterií.

Když se do magnetického pole hledací hlavy s cívkami dostane kov, fáze přijímaného signálu se ve vztahu k vysílanému signálu změní. Tento jev je výraznější u kovů s obsahem železa, než u neželezných kovů. Pokud jde o amplitudu signálu, materiály obsahující železo způsobí její malé zmenšení, zatímco neželezné kovy její zvětšení. V některých případech je toto zvětšení dosti podstatné.

Aby bylo možné využít těchto vlastností zapojení, v režimu „rozlišení“ musí být zapojení citlivé jak na fázové, tak i amplitudové změny. To znamená, že přijímaný signál nemůže být jednoduše usměrněn a použit k přímému buzení měřidla. Namísto toho se zpracuje přerušováním, a dále se pracuje jen s polovinami průběhu. Pro určení fázových změn musí být k přerušování použit řídicí signál, který má stejný kmitočet jako přijímaný signál, ale je fázově nezávislý. Toho se dosahuje dosti zajímavým způsobem.

Výstup obvodu IO<sub>2a</sub> (vývod 1) je připojen ke dvěma dalším integrovaným obvodům. Uvažujeme nejprve IO<sub>3</sub>, čtveřici analogových spínačů. Každé ze čtyř „hradel“ tohoto obvodu má vstup, výstup a řídicí vývod. Když je řídicí vývod v horní úrovni, má spoj vstup-výstup obvodu malou impedanci. Mezi vývody vstup-výstup mohou procházet signály obojí polarity. V přístroji jsou pro řízení výstupu IO<sub>2a</sub> použita dvě taková hradla.

Z těchto dvou hradel je ve vodivém stavu v daném okamžiku vždy jen jedno, podle toho, byl-li zvolen režim „rozlišení“ nebo „potlačení“. Obvod IO<sub>3a</sub> pracuje při „rozlišení“, IO<sub>3b</sub> při „potlačení“. K řízení těchto dvou hradel se používá bistabilní klopný obvod, sestavený z obvodů IO<sub>4c</sub> a IO<sub>4d</sub>. Přepínač pro volbu režimu (S<sub>1a</sub>) má totiž měkčkový kontakt, proto je třeba použít bistabilní klopný obvod.

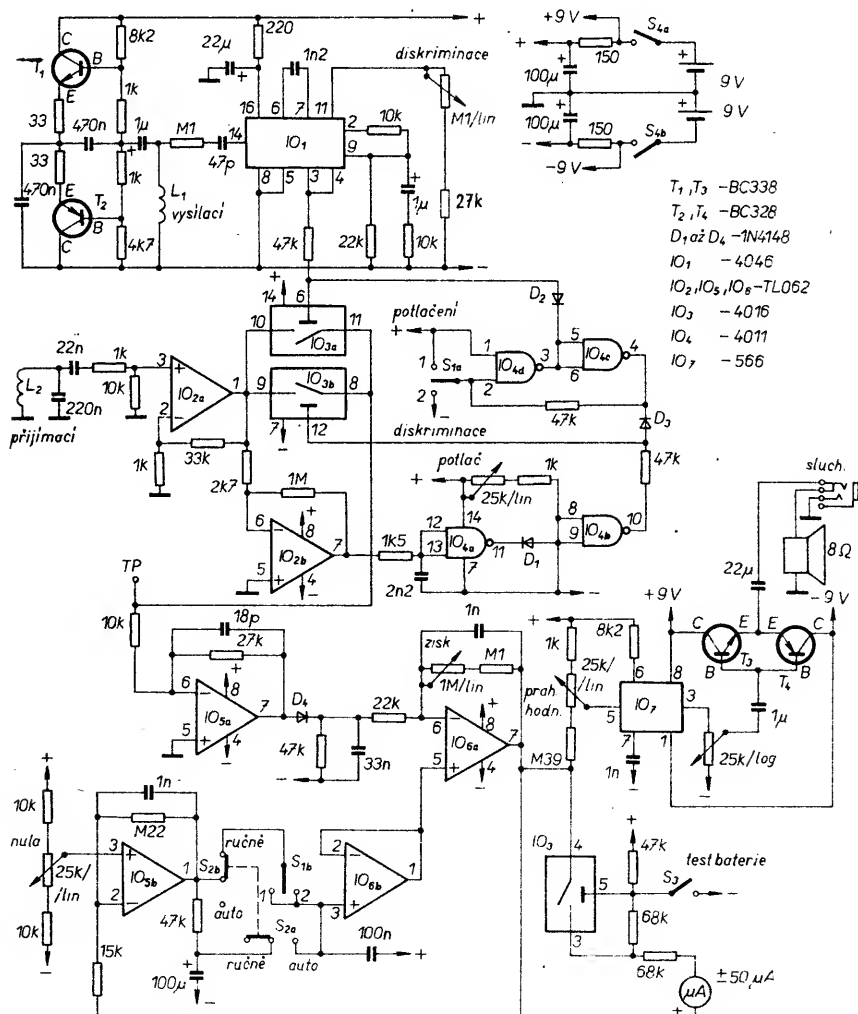
Řídicí vývody integrovaných obvodů IO<sub>3a</sub> a IO<sub>3b</sub> (vývody 6 a 12) jsou připojeny k bistabilnímu klopnému obvodu přes diody D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub>. Polarita těchto diod je taková, že klopný obvod může vypnout oba spínače CMOS, ale nemůže je sepnout. Tuto funkci musí splnit jiné obvody, připojené k řídicím vývodům spínačů CMOS.

V případě IO<sub>3a</sub> je stav „zapnuto“ přepínače řízen integrovaným obvodem IO<sub>1</sub>, obvodem fázového závěsu 4046. Stav sepnutí přepínače je řízen konkrétně vývodem 4 – výstupem VCO obvodu IO<sub>1</sub>.

Obvod napětím řízeného oscilátoru VCO (Voltage Controlled Oscillator) je zapojen tak, že pracuje na stejném kmitočtu jako vysílací oscilátor. Musí však být schopen pracovat s odlišnými a nastavitelnými fázovými posuvy oproti vysílacímu oscilátoru. To je základní požadavek funkce „rozlišení“ (diskriminace).

Obvod IO<sub>1</sub> je propojen s výstupem vysílacího oscilátoru (vývod 14) attenuátorem RC, sestaveným z rezistoru 100 kΩ a kondenzátoru 47 pF. Tyto součástky zmenšují velikost signálu oscilátoru na úroveň, kterou může integrovaný obvod CMOS bezpečně zpracovat.

Přijímaný vstupní signál a signál VCO se porovnávají v obvodu fázového komparátoru. V tomto obvodu vzniká chybové napětí, které se přivádí zpět na vstup VCO a mění jeho kmitočet tak, aby odpovídal vstupnímu signálu. Ve skutečnosti je chybové napětí řadou impulsů, jejichž šířka se mění v soula-



Obr. 21. Detektor kovů Beachcomber



du s rozdílem kmitočtů. Tyto impulsy jsou před přivedením na vstup VCO (vývod 9) filtrovány, takže chybové napětí je stejnosměrné.

V obvodu 4046 jsou ve skutečnosti k dispozici dva fázové komparátory. Porovnávají se vstupní signál a výstupní signál VCO. Když se používá fázový komparátor 2, pak VCO pracuje na stejném kmitočtu a ve stejné fázi jako vstupní signál. Fázový komparátor 1, který se používá v tomto obvodu, pouze udržuje oba signály na stejném kmitočtu a v konstantním fázovém vztahu. To však neznamená ve fázi (tj. fázový úhel 0°), ale v konstantním fázovém úhlu.

Ve skutečnosti bude fázový úhel 90°, když bude VCO pracovat ve středu svého kmitočtového pásma. Tento úhel se bude na okrajích kmitočtového pásma měnit na 180°.

Rozsah kmitočtů, ve kterém může VCO pracovat, není neomezený. Prakticky se pro nastavení určité meze používají vnější součástky. Kondenzátorem, připojeným mezi vývody 6 a 7 (v tomto případě 1200 pF) a rezistorem, zapojeným mezi vývod 11 a zem, se nastaví horní mez kmitočtu. V našem zapojení se jako regulátor používá kombinace rezistor 27 kΩ a potenciometr 100 kΩ. Další rezistor může být pro nastavení ještě nižší meze VCO zapojen mezi vývod 12 a zem, této možnosti však není v našem zapojení využito.

S uvedenými hodnotami součástek je horní mez VCO nastavena na méně než 10 kHz při potenciometru rozlišení nastaveném na maximální odpor. Tato mez se zvyšuje na přibližně 45 kHz při potenciometru nastaveném na minimální odpor.

Změna nastavení ovládacího prvku „rozlišení“ způsobí posuv fáze výstupního signálu VCO vzhledem k signálu vysílacího oscilátoru. Protože výstup VCO také ovládá hradlování přijímaného signálu pomocí IO<sub>3a</sub>, máme tak možnost vzorkovat určité části průběhu přijímaného signálu. A to je základem provozního režimu „rozlišení“.

Nyní se budeme zabývat obvodem „potlačení vlivu země“. Ten je méně komplikovaný. Přijímaný signál je sice dále přerušován spínačem CMOS (IO<sub>3b</sub>), ale nevyužívá se fázové detekce. Režim „potlačení“ je citlivý pouze na amplitudové změny.

Řídicí signál je nyní odvozován z přijímaného signálu namísto ze signálu vysílaného. Operační zesilovač IO<sub>2b</sub> zpracovává výstupní signál obvodu IO<sub>2a</sub> se zesílením asi 370. Toto velké zesílení zaručuje, že výstupním signálem IO<sub>2b</sub> (vývod 7) je signál pravoúhlého průběhu, bez ohledu na to, že na výstupu IO<sub>2a</sub> je signál průběhu sinusového (vývod 1).

Přivedením výstupního signálu obvodu IO<sub>2b</sub> do filtru, skládajícího se z rezistoru 1,5 kΩ a kondenzátoru 2200 pF, se dosáhne mírného zpoždění spouštění obvodu IO<sub>4a</sub>.

Výstupní signál pravoúhlého průběhu obvodu IO<sub>4a</sub> se přes diodu D<sub>1</sub> přivádí na kondenzátor o malé kapacitě (1800 pF). Použitá polarita D<sub>1</sub> způsobí, že se na kondenzátor přivádějí pouze záporné impulsy. Při kladných impulsích má D<sub>1</sub> předpětí v závěrném směru a kondenzátor se nabíjí přes rezistor 1 kΩ a potenciometr potlačení 25 kΩ, přes které je připojen ke kladnému pólu napájecího zdroje. Rychlost nabíjení závisí na nastavení potenciometru.

Průběh napětí na kondenzátoru se používá ke spouštění obvodu IO<sub>4b</sub>. To znamená, že na výstupu IO<sub>4b</sub> je řada kladných impulsů o době trvání, kterou určuje ovládací prvek „potlačení“.

Výstup obvodu IO<sub>4b</sub> je připojen přes rezistor 47 kΩ na řídicí vstup (vývod 12) obvodu IO<sub>3b</sub>. Proto je hradlovacím signálem tohoto spínače CMOS. Je třeba si uvědomit, že tento hradlovací signál je účinný pouze v režimu potlačení (D<sub>3</sub> je přitom polarizována v závěrném směru). Dioda D<sub>3</sub> „drží“ vývod 12 obvodu IO<sub>3b</sub> v „horní“ poloze, bez ohledu na stav výstupu obvodu IO<sub>4b</sub>.

Rozsah, ve kterém může být režim „potlačení“ v tomto přístroji používán, je omezen hledací cívkou. Cívka není stíněna a proto podléhá vlivům kapacity proti zemi. V některých situacích se pak objevuje jev, jako by cívka ztrácela indukční „charakteristiku“ a obvod „potlačení“ nemůže zajistit dostatečnou kompenzaci.

Při stručném shrnutí jsme tedy v situaci, kdy pro obvod buzení měřidla může být použit signál, odvozený buď z fázové a amplitudové citlivého detektoru (IO<sub>3a</sub>), nebo pouze z amplitudového detektoru (IO<sub>3b</sub>) v případě zvolení režimu „potlačení“.

Přerušovaný signál, odvozený z IO<sub>3</sub>, je zesilován obvodem IO<sub>5a</sub>. Je to jednoduchý invertující zesilovač se zesílením kolem 2,5. Jeho výstupní signál (vývod 7) se přivádí na kondenzátor přes diodu D<sub>4</sub>. V tomto případě se používá kondenzátor 33 nF s paralelním vybíjecím rezistorem 47 kΩ, kterým se nastavuje „normální“ úroveň na kondenzátoru (vhodné napětí).

Napětí, které vzniká na kondenzátoru 33 nF, nakonec určuje velikost výchylky ručky měřidla, musí však být předtím zesíleno. To je úkolem obvodu IO<sub>6a</sub>. Ten zajišťuje zesílení až 41 (podle nastavení potenciometru zesílení 1 MΩ).

Neinvertující vstup (vývod 5 operačního zesilovače IO<sub>6a</sub>) není připojen ke sběrnici 0 V, jak bychom to mohli běžně očekávat. Místo toho je referenční napětí pro tento vývod odvozeno z nulovacího obvodu měřidla. Ten snímá velikost offsetu na výstupu obvodu IO<sub>6a</sub> (a tedy na měřidle) pomocí obvodu IO<sub>6b</sub>.

Pro aktivování obvodu nulování měřidla je třeba použít spínač S<sub>1</sub>. Jak jsme již uvedli, částí S<sub>1a</sub> spínače se volí provozní režim, současně však S<sub>1b</sub> vyvolá funkci obvodu nulování. Za předpokladu, že S<sub>2</sub> je v poloze „ručně“, S<sub>1b</sub> pak připojí výstup obvodu IO<sub>5b</sub> k neinvertujícímu vstupu IO<sub>6b</sub> (vývod 3) a tím se nabije kondenzátor 0,1 μF. Na výstupu IO<sub>6b</sub> nyní vzniká offset, úměrný velikosti offsetu měřidla.

Všimněte si také, že výstup obvodu IO<sub>6b</sub> je připojen zpět na vstup IO<sub>6a</sub>. Protože IO<sub>6a</sub> původně způsobí offset měřidla, přivádí se nyní na jeho neinvertující vstup korekční napětí, které tento offset přesně vykompenzuje. Měřidlo je tak vynulováno.

Protože IO<sub>6b</sub> má na neinvertující vstupu připojen kondenzátor 100 nF, pracuje jako vzorkovací paměťový obvod (sample and hold). I po uvolnění spínače S<sub>1</sub> se korekční napětí na kondenzátoru 100 nF udržuje dál. Toto korekční napětí se ovšem uplatní jen v době sepnutí spínače S<sub>1</sub>. Každý offset, který vznikne mimo dobu sepnutí S<sub>1</sub> způsobí výchylku ručky měřidla – až do té doby, než je spínač S<sub>1</sub> opět sepnut a obvod vynulován.

Tímto způsobem je možné okamžitě vynulovat všechny výchylky ručky měřidla způsobené změnami ovládacích prvků (jako je změna režimu), nebo podmínkami prostředí. Po vynulování je každá výchylka ručky měřidla známkou přítomnosti kovu v blízkosti hledací cívky.

Až dosud jsme předpokládali, že S<sub>2</sub> je v poloze „nulování ručně“. Kdyby byl S<sub>2</sub> přepnut do polohy „automaticky“, nastaly by změny. Za prvé by byla přerušena cesta z IO<sub>5b</sub> k IO<sub>6b</sub> přes spínač S<sub>1</sub>. To zabránilo aktivaci nulovacího mechanismu spínačem S<sub>1</sub>. Za druhé se vytvoří alternativní cesta od obvodu IO<sub>5b</sub> k obvodu IO<sub>6b</sub>. Tato cesta je

tvorěna rezistorem 47 kΩ a kondenzátorem 100 nF. Tyto součástky nyní tvoří cestu pro nulovací signál, takže ten působí nepřetržitě.

Rezistorem 47 kΩ a kondenzátorem 100 nF se vytváří zpoždění, takže při kovovém předmětu v blízkosti hledací cívky se ručka měřidla vychýlí asi na jednu sekundu, než začne nulování působit. Všimněte si, že když je hledací cívka držena déle než jednu sekundu (v tomto režimu) nad kovovým předmětem, ručka měřidla bude vynulována.

Nepříjemným důsledkem této charakteristiky je, že když se nyní odstraní kovový předmět, způsobí to „sekundární“ výchylku ručky měřidla. Tato výchylka má opačný směr, než původní výchylka – jinými slovy, signál o přítomnosti kovu, který byl původně potlačen, je nyní krátkodobě registrován. Tomuto problému je možné se jednoduše vyhnout tím, že zajistíme, aby obvod neměl čas způsobit vynulování ručky měřidla v žádném případě při nález kovového předmětu.

Potenciometrem nulování měřidla 25 kΩ se nastavuje obvod, do kterého se ručka měřidla vrátí po vynulování. Změnou referenčního napětí, přiváděného na neinvertující vstup obvodu IO<sub>5b</sub> (vývod 3) se změní odezva obvodu na libovolný daný offset. Nastavení je nutné dělat při sepnutém S<sub>1</sub>, jinak změněný nulový bod není zřejmý, dokud se nesepe S<sub>1</sub> znovu. Normálně se nulový bod nastavuje na nulovou výchylku ručky měřidla (střed stupnice), není to však v žádném případě nutné. Ručka měřidla může být „vynulována“ do polohy vlevo od středu, nebo na plnou výchylku doleva. Tím by se dosáhlo většího rozlišení pro kovy v žádoucí oblasti.

Kromě toho je možné tímto způsobem dosáhnout, aby nízkofrekvenční část, která generuje kmitočty úměrné výchylce ručky měřidla, pracovala se zlepšenou rozlišovací schopností.

Do schématu je zahrnut i spínač CMOS (IO<sub>3c</sub>) mezi výstupem IO<sub>6a</sub> a měřidlem. Při běžném provozu zajišťuje rezistor 47 kΩ, připojený k řídicímu vstupu tohoto spínače (vývod 5), že je IO<sub>3c</sub> sepnut, tj. že má malý odpor mezi vývody 4 a 3. To dovoluje běžnou funkci měřidla. Když se však sepe spínač zkoušky napětí baterie (S<sub>3</sub>), na vývodu 5 obvodu IO<sub>3c</sub> je dolní mez napětí, spínač IO<sub>3c</sub> je vypnut.

Současně S<sub>3</sub> zajistí propojení měřidla se zápornou větví napájecího napětí přes rezistor 68 kΩ. Měřidlo nyní měří záporné napájecí napětí ze zdroje. V přístroji není žádný obvod pro měření kladného napájecího napětí zdroje, odběr proudu je však v obou napájecích větvích stejný – to znamená, že se obě baterie vybíjejí stejně, stačí tedy měřit pouze napájecí napětí jedné polarit.

V původním přístroji byla výchylka ručky měřidla ±30 dílků. Při nových bateriích byla výchylka ručky asi 27 dílků. Když se při měření napětí zmenšila pod 20 dílků, bylo nutné baterie vyměnit. Jiná měřidla mohou mít jiné stupnice a budou vyžadovat kalibraci při známých referenčních napětích. Baterie je možné považovat za vybité, když se napětí zdroje, měřené za rezistory 150 Ω, zmenší na ±4 V.

Zbývá popsat pouze nízkofrekvenční část zapojení. Ta je přiměřeně jednoduchá. Je založena na VCO s obvodem LM566 (IO<sub>7</sub>). Pro nastavení běžného provozního kmitočtu je třeba použít pouze dvě součástky, kondenzátor a rezistor. Jako kondenzátor byl zvolen 1 nF (připojený k vývodu 7) a rezistor 8,2 kΩ (připojený k vývodu 6). Řídicí napětí, připojené k vývodu 5, posouvá kmitočet v širokém rozsahu.

V tomto obvodu se řídicí napětí odebrá z výstupu obvodu IO<sub>6a</sub> a proto se mění úměrně s výchylkou ručky měřidla. Ovládací prvek prahového kmitočtu, potenciometr

25 k $\Omega$ , se používá pro kalibraci nízkofrekvenční části tak, aby nevznikal žádný zvuk, dokud není detekován kov. Při detekci kovu se ozývá zprvu jen tiché „tikání“. S rostoucí výchylkou ručky se signál mění na „bručení“ a konečně na silné bzučení. Obvod akustické detekce je nejcitlivější, když se ozývá „tikání“.

Protože integrovaný obvod LM566 nemůže budit reproduktor přímo, byl použit zesilovač výkonu. Skládá se z  $T_3$  a  $T_4$ . Budicí signál pro tyto tranzistory se odebírá z výstupu obvodu IO<sub>7</sub> (vývod 3) a prochází přes potenciometr hlasitosti 25 k $\Omega$ .

V přístroji se počítá s použitím sluchátek. Konektor pro ně musí být zapojen tak, aby akustické měniče stereofonních sluchátek byly zapojeny do série.

Kladná a záporná větve napájení jsou spojeny s příslušnými vývody baterií přes rezistory 150  $\Omega$ . Tyto rezistory byly použity hlavně proto, aby se zmenšilo napájecí napětí pro obvody CMOS. Při nových bateriích by celkové napájecí napětí mohlo dosáhnout 19 V, integrované obvody CMOS jsou však většinou navrženy pro maximální napájecí napětí 15 V. S rezistory 150  $\Omega$  v zapojení se napájecí napětí zmenší na přibližně  $\pm 6,2$  V a celkově na 12,4 V – což je bezpečné v rozsahu možností obvodů CMOS.

Rezistory 150  $\Omega$  také zmenšují odběr proudu, zvláště při nových bateriích; rezistory není možné vynechat nebo nahradit – ovládací prvek „rozlišení“ by pak neměl správný rozsah nastavení.

Nízkofrekvenční část zapojení je provozována s napájením přímo z baterií, neboť má při určitých pracovních režimech dosti velký odběr proudu. To by vedlo, kdybychom chtěli napájet nízkofrekvenční část přes rezistory, ke značnému kolísání napětí v ostatních obvodech přístroje.

### Konstrukce a oživení

Součástky přístroje jsou sestaveny na desce s plošnými spoji. Pro funkci přístroje je velmi důležité provedení hledací hlavy s cívkami. Vysílací i přijímací cívka mají eliptický tvar a obě jsou umístěny dalšími osami elips rovnoběžně s přesahem asi 25 mm na čtvercové podložce o straně asi 150 mm. Jak již bylo uvedeno, hlava není stíněna. Důležitá je také správná polarita zapojení cívek. Protože původní pramen nabízí hotovou cívku ke koupi, neuvádí počty závitů. Bylo by možné použít cívku z následujícího popisu hledače s příslušnou úpravou.

Po zapojení všech součástek a připojovacích vodičů je možné začít s oživením přístroje. Před zapnutím napájecího napětí otočte ovládací prvky „rozlišení“ a „potlačení“ do krajní polohy proti smyslu otáčení hodinových ručiček, hlasitost na minimum, prahovou hodnotu na minimum, nastavení nuly zhruba do poloviny a  $S_2$  do polohy „ručně“. Zapněte přístroj a nastavte zesílení asi do poloviny. Páčku spínače  $S_1$  přepněte doleva – měřidlo by mělo ukázat výchylku. Otáčejte nastavením nuly, a zjistíte, reaguje-li ručka měřidla. Pokud tomu tak není, jde o závadu.

Páčku spínače  $S_1$  přeložte do druhé polohy a nastavte ovládací prvek „potlačení“. Indikace měřidla by se měla změnit, když se ovládací prvek nastaví do krajní polohy. Pokud tomu tak není, zkuste nastavovat ovládací prvek „rozlišení“. Když na to měřidlo reaguje,  $S_1$  je instalován opačně. Buď jej otočte, nebo zaměňte přívody napájecího napětí.

Za předpokladu, že přístroj zatím reagoval podle popisu, přepněte  $S_1$  do prava a opakujte zkoušku nulování. Uvolněte přepínač a nastavujte ovládací prvek „rozlišení“ – opět kontrolujte výchylku ručky měřidla.

Pokud bylo dosud vše v pořádku, pak otočte potenciometrem hlasitosti na maximum a zvyšujte nastavení prahové hodnoty („na doraz“). Akustický signál by se měl měnit od již zmíněného tikání až po hlasité pískání. V tomto stadiu je možné přístroj vyzkoušet i se sluchátky (při zasunutí konektoru se vnitřní reproduktor odpojí). Při používání sluchátek bude třeba zmenšit hlasitost.

Dále nastavte ovládací prvek „rozlišení“ na maximum a vynulujte měřidlo ( $S_1$  do prava). Položte minci na zem v místě, kde máte jistotu, že nejsou zakopány žádné kovové předměty. Když nemůžete zajistit tuto poslední podmínku, pak místo na zem položte minci na velkou lepenkovou krabici. Pohybujte hledací hlavou sem a tam nad mincí a stále zmenšujte vzdálenost, dokud se ručka měřidla nevyhýlí.

Podle nastaveného zesílení by se měla ručka měřidla začít vychýlovat asi při vzdálenosti 2 až 15 cm. Zkuste změnit nastavení ovládacího prvku „rozlišení“. Mince by měla být stále registrována, i když při různých nastaveních „rozlišení“ se může citlivost zmenšovat.

Místo mince použijte železný předmět podobných rozměrů. Při ovládacím prvku „rozlišení“ na minimu by měl být zaregistrován kladnou výchylkou ručky, při maximu by měl být potlačen. Někde mezi těmito krajními polohami by měl být železný předmět zcela ignorován.

Nyní můžete vyzkoušet automatické nulování – přepnout  $S_2$  do polohy „automaticky“. Opakujte zkoušku rozlišení s mincí, ale udržujte hledací hlavu nad ní v pohybu. Při každém přiblížení by se měla krátce ručka měřidla vychýlit. Nyní to zkuste s železným předmětem. Ručka bude mít dále zápornou výchylku – ale po ní bude následovat krátký „stinový“ impuls v kladném směru. Tomu se nedá zabránit, při poměrně rychlém pohybu hledací hlavy bude však tento jev minimalizován.

Dříve, než vezmete přístroj do terénu, je třeba se s ním dobře seznámit. Získávejte praxi s mincemi, prsteny, korunkovými uzávěry lahví, kroužky z hliníku od plechovek s pivem a dalšími předměty, se kterými se pravděpodobně v praxi setkáte. Ukládejte některé z nich do země do hloubky až 5 cm.

Existují některá důležitá omezení, která je třeba si uvědomit. Vzhledem k uspořádání cívek je tento přístroj vhodnější pro hledání malých předmětů, jako jsou mince. Ty mohou být detekovány obvykle s dobrou přesností, protože skutečnou „hledací oblast“ hlavy je úzký pás (ne více než 2,5 cm), který probíhá téměř po celé délce hlavy v místě přesahu cívek. Mimo tuto oblast jsou výsledky měření nerelevantní.

Ve skutečnosti jsou po obou stranách „živé oblasti“ oblasti negativní detekce. Ty způsobí malou výchylku ručky měřidla v opačném směru.

Pro typický nález tedy měřidlo reaguje nejprve malou „zápornou“ výchylkou ručky, pak následuje velká „kladná“ výchylka, po které následuje opět záporný výkyv.

Tento přístroj není schopen rozlišit velké železné předměty. Velkými v tomto případě rozumíme všechny předměty, které jsou podstatně větší, než „živá“ oblast cívky. V praxi to není podstatné omezení.

Pokud jde o mineralizovanou půdu, přístroj bude obecně pracovat s menší citlivostí. Nejhorším případem je moký písek na pláži. Je možné očekávat detekci jen velmi mělce uložených předmětů. Všimněte si, že tam, kde je půda mineralizována rovnoměrně (na rozdíl od kolísavé mineralizace) v režimu „rozlišení“ se dosáhne mírného zlepšení citlivosti. Režim „potlačení“ se používá hlavně tam, kde se charakter půdy mění s každým krokem.

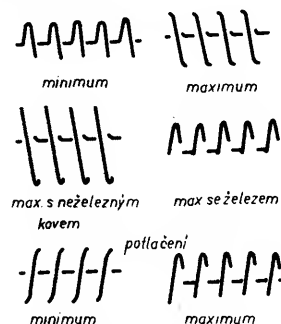
### Provozní pokyny

1. Přepínač Auto/Man do polohy Man (ručně).
2. Hlasitost na maximum.
3. Prahová hodnota na minimum.
4. „Rozlišení“ na maximum.
5. „Potlačení“ na minimum.
6. Zapněte přístroj, ponechte zisk na minimu.
7. Přepněte páčkový spínač doprava a podržte v této poloze.
8. Použijte ovládací prvek „nastavení nuly“ k nastavení ručky do středu stupnice.
9. Nastavte prahovou hodnotu tak, aby zvuk právě zanikl.
10. Uvolněte páčkový spínač.
11. Položte na zem zkušební minci nebo předmět.
12. Pohybujte hledací hlavou ze strany na stranu a pomalu se přibližujte k minci.
13. Vyměňte minci za ocelovou podložku, matici nebo podobný předmět.
14. Postupně zmenšujte nastavení ovládacího prvku „rozlišení“ a opakujte postup pod bodem 12.
15. Přesuňte páčku spínače doleva.
16. Použijte opět minci a opakujte postup pod bodem 12, postupně měňte nastavení ovládacího prvku „potlačení“.
17. Nahraďte minci podložkou.
18. Opakujte 16.
19. Pokud se ručka měřidla odchýlí od nuly v průběhu činnosti, popsané u některého z těchto bodů (bez přítomnosti kovu), nastavte nulu (reset) přepnutím páčkového spínače (do prava v režimu „rozlišení“, doleva při „potlačení“).

To vám dá představu o reakcích přístroje, které můžete očekávat. Obecně je lépe dát přednost režimu „rozlišení“ před režimem „potlačení“, protože dává mírně větší citlivost. Vždy používejte nejmenší prakticky možné nastavení zesílení, v opačném případě se zvětšuje možnost chybné detekce. Jinak nezapomínejte přístroj vypínat v průběhu kopání, abyste šetřili baterie.

### Odstraňování závad

Když přístroj odmítá spolupracovat a v zapojení nebo pájení není závada, je možné použít některý z uvedených postupů odstraňování závad. V první řadě, pokud máte osciloskop, je možné zkontrolovat průběhy v kontrolních bodech – výstupech IO<sub>3a</sub> a IO<sub>3b</sub> (obr. 22).



Obr. 22. Průběhy na osciloskopu

Když nezjistíte podobné průběhy, je to důvod k zamyšlení. Sinusový nebo pravoúhlý průběh signálu je nesprávný. Měl by tam být výrazné průseky průběhů. Když se zjistí pouze sinusovka, zřejmě chybí hradlovací signál. Je třeba zjistit, je-li tomu tak

v obou režimech, „rozišení“ a „potlačení“. Když je v kontrolním bodě jen signál pravoúhlého průběhu, pak se k integrovanému obvodu IO<sub>3</sub> nedostává žádný přijímaný signál. To může ukazovat na závadu v přijímacím obvodu nebo v oscilátoru.

Za předpokladu, že se v kontrolním bodě zjistí správný průběh, problém bude s největší pravděpodobností v obvodu nulování měřidla. To je možné nejsnadněji ověřit při odpojení přijímací cívce. Sepněte S<sub>1</sub> a změňte nastavení ovládacího prvku pro nastavení nuly.

Když přístroj nereaguje při sepnutí S<sub>1</sub>, zkontrolujte, jestli se na vývod 3 obvodu IO<sub>6b</sub> přivádí skutečně nějaké napětí. Pokud tomu tak není, postupujte zpět k IO<sub>5b</sub> (zpočátku vývod 1, pak vývod 2). Když S<sub>1</sub> způsobí výchylku ručky měřidla, ale nastavení nuly již nezmění, zkontrolujte napětí na vývodu 3 obvodu IO<sub>5b</sub>. To by se mělo při nastavování nuly měnit.

Pokud máte jen multimetr, odpojte vysílací cívku. Napětí na vývodu 1 obvodu IO<sub>2a</sub> by nyní mělo být velmi blízké nule. Napětí v kontrolním bodě musí být v režimu „rozišení“ také 0 V. V režimu „potlačení“ zkontrolujte, je-li napětí na vývodu 7 IO<sub>2b</sub> také rovno 0 V. Pokud je vývod 10 na dolní úrovni, pak se nedá v kontrolním bodě realizovat měření, které by mohlo vést k nějakému závěru.

Kdyby se vyskytly problémy při volbě nebo změně režimu, měřte napětí na vývodu 4 obvodu IO<sub>4c</sub>. To má být největší, když je zvoleno „potlačení“, a má v této úrovni zůstat i po vypnutí S<sub>1</sub>. Když je zvolen režim „rozišení“, na vývodu 4 musí zůstat nejmenší napětí.

Electronics Australia prosinec 1984

## Citlivý hledač kovů

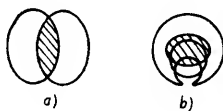
Levné detektory kovů většinou zklamou v použití a dobré detektory jsou drahé. Se-stavení přístroje podle tohoto článku vyžaduje hodně práce, a není to konstrukce, o kterou by se mohl pokoušet začátečník, i když je přístroj a postup zkoušení popsán tak, aby sestavení bylo co nejjednodušší.

Jak jsme již uvedli, existuje pět hlavních typů detektorů kovů: přístroje s BFO (zápný oscilátor), s vyváženou indukčností, s impulsní indukční metodou, s metodou rozladění a magnetometrem. Tento poslední princip využívá detekce malých anomálií intenzity zemského magnetického pole, ale pro hledání „pokladů“ je zcela bezcenný, protože může detekovat pouze železné předměty. Přístroje s BFO a s rozladěním pracují na základě detekce malých změn indukčnosti hledací cívky, ke které dochází v přítomnosti kovového předmětu. Obě metody se vyznačují špatnou citlivostí, vyplývající z principu.

Detektory s impulsní indukční metodou jsou však něčím jiným; dobré jsou skutečně velmi citlivé a některé z nejdrazších detektorů, které jsou v současné době k dispozici, jsou právě tohoto typu. Pracují tak, že vystavují zem výkonným magnetickým impulsem a mezi těmito impulsy přijímají signály odezvy, způsobené vířivými proudy, vznikajícími ve všech kovových předmětech, které jsou v magnetickém poli. Přes značnou citlivost mají však i nedostatky. Jejich spotřeba z baterií je značná s ohledem na výkon, potřebný pro impulsní vysílání, a jsou také extrémně citlivé i na malé železné předměty. Jejich používání je tedy v první řadě omezeno na prohledávání těch míst, kde je pravděpodobné, že předměty budou ukryty ve značné

hloubce, a kde je možné snadno a rychle vyhloubit i velké jámy. V některých lokalitách mohou být jejich uživatelé znechuceni čas-tým hloubením velkých jam v tvrdé zemi pro nález rezavého hřebíku apod.

Proto se hledáče s vyváženou indukčností staly standardními detektory pro všeobecné použití. Tyto přístroje mají v hledací hlavě dvě cívky, z nichž jedna je napájena signálem, který kolem ní vytváří střídavé magnetické pole. Druhá cívka je umístěna tak, že za normálních okolností je pole kolem ní vyvá-ženo a na jejím výstupu není žádný elektrický signál. Kovový předmět, který se k cívkám přiblíží, naruší pole, což způsobí narušení vyvážení, a snímací cívka dodává určitý výstupní signál. Tento signál je možné zesílit a informovat operátora o „nálezu“ řadou způsobů. Často se v jednoduchých detektorech používá signál se slyšitelnou modulací, výstup ze snímací cívky se pak zesiluje a demoduluje podobně jako rozhlasový signál s amplitudovou modulací. Cívky mohou být uspořádány mnoha různými způsoby; většina detektorů, které jsou dnes k dispozici, používá však jeden ze způsobů, uvede-ných na obrázku. Obr. 23a ukazuje cívku se



Obr. 23. Cívky a jejich „záběr“

„širokým záběrem“, která se tak nazývá proto, že její nejcitlivější oblast (šrafovaná) zasahuje téměř přes celou cívku. Obr. 23b ukazuje cívky s „bodovým záběrem“. Podle zkušenosti je bodový záběr lepší, protože cívky se širokým záběrem mají malou schopnost bodového zaměření, a mají tendenci vyvolávat falešné signály u železných předmětů, které jsou mimo střed, u mincí, které jsou na okraji hledací zóny apod. Řada nejlepších amerických přístrojů používá cívky pro bodové zaměření.

Skutečně dobrý detektor kovů musí však mít i některé další vlastnosti. Jednou z nich je schopnost diskriminace (rozišení) nežádoucího odpadu, jako je staniolový papír, železné odpadky, atd. a žádaných předmětů. Dalším z těchto zdokonalení je nějaký způsob, jak vyloučit falešné signály, způsobené „vlivem země“. Kapacitní efekty, způsobené zemí, je možné snadno vyloučit použitím Faradayova stínění kolem cívek, ale většina půd obsahuje určitý podíl oxidů železa, což vede k signálům, podobným jako při výskytu kousku magnetického materiálu. Pláže nasyčené mořskou vodou jsou mírně vodivé, a to také způsobuje falešné signály, které vznikají na snímací cívce. Někjaký prostředek ke kompenzaci těchto jevů by tedy značně zlepšil funkci detektoru.

Na štěstí se signály z hledací cívky nemění pouze pokud jde o amplitudu; obsahují

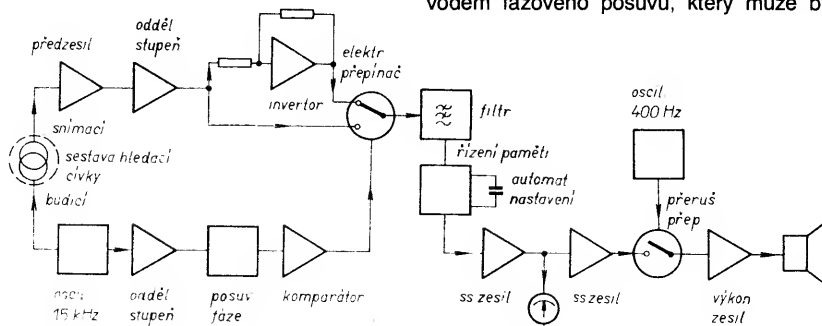
také informaci o posuvech fáze, které se výrazně liší podle typu předmětu, způsobujícího signál. S poměrně jednoduchým fázovým detektorem je proto možné navrhnout přístroj, který zcela potlačí vliv země, a může také, za předpokladu určité zkušenosti uživatele vyloučit většinu detekovaných odpadků, aniž by bylo nutné je vykopávat.

Pro úplnost si všimněme ještě několika zkratk a termínů, používaných výrobci hledačů kovů. Označení „VLF“ znamená velmi nízké kmitočty (Very Low Frequency). Schopnost rozišení (diskriminace) na základě fázové informace při objektech o malém průřezu, jako jsou fólie, závisí totiž na kmitočtu. Při vyšších kmitočtech způsobuje povrchový jev (skin-efekt), že taková diskriminace není účinná. Proto výrobci začali používat nižší kmitočty (existují i přístroje, pracující na kmitočtu okolo 2 kHz). To vedlo ke vzniku specifických problémů, protože ne tak nízkých kmitočtech není citlivost na mince ze slitin mědi a niklu již tak dobrá, a při konstrukci cívek vznikají problémy s jejich jakostí (Q). V současné době pracuje většina detektorů na kmitočtech mezi 10 a 20 kHz, při nichž je rozišení ještě velmi dobré, ale nevznikají problémy s citlivostí a problémy s konstrukcí cívek.

Označení „GEB“ znamená vyvážení pro vyloučení země (Ground exclusion balance) a vztahuje se k fázové závislosti prostředků vyloučení vlivu půdy. Označení „TR“ znamená „vysílač-přijímač“ (transmitter-receiver), často se používá pro označení režimu „rozišení“ (diskriminace) a naznačuje, že přístroj pracuje v různých režimech s odlišnými kmitočty nebo s uspořádáním cívek – tak tomu však není; jediné, čím se režimy odlišují, je referenční fáze. Není totiž možné vyloučit vliv země a současně pracovat v režimu „rozišení“, proto se běžně používá hledání v režimu GEB a při nálezů předmětu se před případným kopáním nález zkontroluje v režimu „rozišení“. Tímto způsobem je možné vyloučit např. kroužky od plechovek s pivem, ale přístroje, které mají tuto schopnost a jsou takto nastaveny, vyloučí také všechny mince ze slitiny mědi a niklu, menší než mince velikosti 10 penny. Je pravděpodobně lepší tyto kroužky tolerovat – někteří je však dokonce sbírají.

## Skupinové zapojení

Obr. 24 ukazuje schematicky skupinové zapojení detektoru. Budicí oscilátor vytváří signál pro pole kolem hledací cívky a snímací hlava je umístěna tak, že má na svém výstupu signál pouze tehdy, když je toto pole narušeno kovovým předmětem. Pracovní kmitočty těchto stupňů je přibližně 15 kHz. Signály ze snímací cívky se zesilují, procházejí oddělovacím stupněm a pak se invertují tak, aby byla současně k dispozici jejich invertovaná a neinvertovaná verze. Ty se přivádějí na dva vstupy elektronického přepínače, ovládaného referenčním signálem, odvozeným z budicího oscilátoru. Tento referenční signál však nejprve musí projít obvodem fázového posuvu, který může být



Obr. 24. Blokové zapojení detektoru

podle potřeby nastaven uživatelem. Výstup z přepínače pak prochází dolní aktivní propustí třetího řádu, jejíž mezní kmitočet je nastaven na 40 kHz, což vede prakticky k odstranění všech zbytků signálu 15 kHz, a zbývá pouze střední stejnosměrná úroveň.

Všechny objekty, způsobující signál, vyvolávají změny amplitudy i fáze přijímaného signálu, takže správným nastavením obvodu fázového posuvu je možné najít bod, ve kterém jsou tyto změny buď eliminovány, nebo způsobí jistý pokles stejnosměrné úrovně, což umožňuje vyloučit nežádoucí signály, způsobené půdou, fóliemi atd. Zpočátku většina podobných konstrukcí používala buď fázové detektory s impulsním vzorkováním, nebo se vstupní signál využíval pouze jednocestně. Použití invertoru a dvoucestného přepínače však vyžaduje jen málo součástek navíc a značně zlepšuje poměr signálu k šumu, což nakonec vede k větší citlivosti.

Za filtrem se ss signál zesiluje. Protože nás zajímají pouze změny signálu, je třeba použít nějaký způsob kompenzace počáteční stále stejnosměrné úrovně. V jednoduchých přístrojích se používá ručně ovládaný prvek, ale potřeba znovunastavení po každém použití ovládacího prvku fáze – řekněme po přepnutí ze „země“ – vede k tomu, že je žádoucí použít nějakou formu automatické kompenzace. Na většině komerčních přístrojů se pro nastavení na nulu používá tlačítko „tune“ (ladění), které je třeba stisknout; přístroje vybavené tímto tlačítkem, mají však sklon k driftu (změna nastavení s časem).

Pokusy použít trvale pracující systémy nastavování nuly ukázaly, že ty vedou ke zmenšení celkové citlivosti, neboť používaná zapojení způsobují značné zpoždění odezvy na detekovaný objekt. Ve skutečnosti se obvod automatického ladění pokouší nastavit výstup na nulu současně s tím, jak se detekovaný objekt snaží způsobit zvětšení signálu na výstupu. Účinná filtrace signálu použitá v podobných zapojeních, však zajišťuje okamžitou odezvu na signál, takže může být použit takový systém ladění, na-

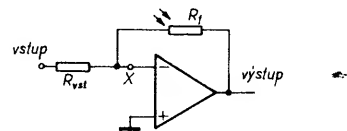
stavující nulu průběžně. To odstraňuje všechny problémy s driftem a dovoluje používat přístroj stále s maximální citlivostí, pokud se to požaduje. Přístroj je vybaven přepínačem nebo tlačítkem „paměti“ (tune hold), kterým je možné zastavit funkci ladění při přesném zjišťování polohy nálezů nebo při „rozlišení“.

Za stupněm automatického ladění a zesilovačem se signál přivádí na ručkové měřidlo s nulou uprostřed; ten má v režimu „rozlišení“ „kladnou“ výchylku při „špatných“ nálezech. Pak se signál přivádí do dalšího zesilovače s ovládacím potenciometrem, nastavujícím bod, ve kterém nasazuje akustický výstupní signál. Výstupní signál tohoto zesilovače je ovšem stále ještě stejnosměrný, proto je přerušován nízkofrekvenčním oscilátorem a dává signál, který je třeba pouze zpracovat v koncovém stupni, aby mohl napájet reproduktor.

### Popis zapojení

Úplné zapojení přístroje je na obr. 25. Tranzistor  $T_1$  a přidružené součástky tvoří budicí oscilátor, který dodává velmi čistý sinusový signál o kmitočtu 15 kHz. Integrovaný obvod  $IO_1$  odděluje část tohoto signálu a obvod  $IO_2$  zavádí podle potřeby fázový posuv. V režimu „země“ je k dispozici fázový posuv asi  $-10$  až  $+40^\circ$ , zatímco v režimu „rozlišení“ a „pláž“ je to asi  $0$  až  $-170^\circ$ .  $IO_3$  pracuje jako komparátor. Tranzistor  $T_2$  je předzesilovač přijímaného signálu a je zapojen jako zesilovač se společnou bází. Tento obvod a oscilátor jsou založeny na konstrukcích, které byly použity v několika komerčně vyráběných přístrojích, protože jsou jednoduché a dobře pracují. Přijímací cívka  $L_2$  je neladěná; to společně s malou vstupní impedancí  $T_2$  zajišťuje předem stanovenou fázovou charakteristiku, potřebnou pro spolehlivou diskriminaci (rozlišení). Výstup  $T_2$  má velkou impedanci, takže  $IO_4$  pracuje jako oddělovač, zatímco  $IO_5$  je invertor s jednotkovým zesílením. Obvod  $IO_6$  je zapojen jako elektronický přepínač analogového signálu. Obvody  $IO_7$  a  $IO_8$  tvoří společně dolní aktivní propust třetího řádu.

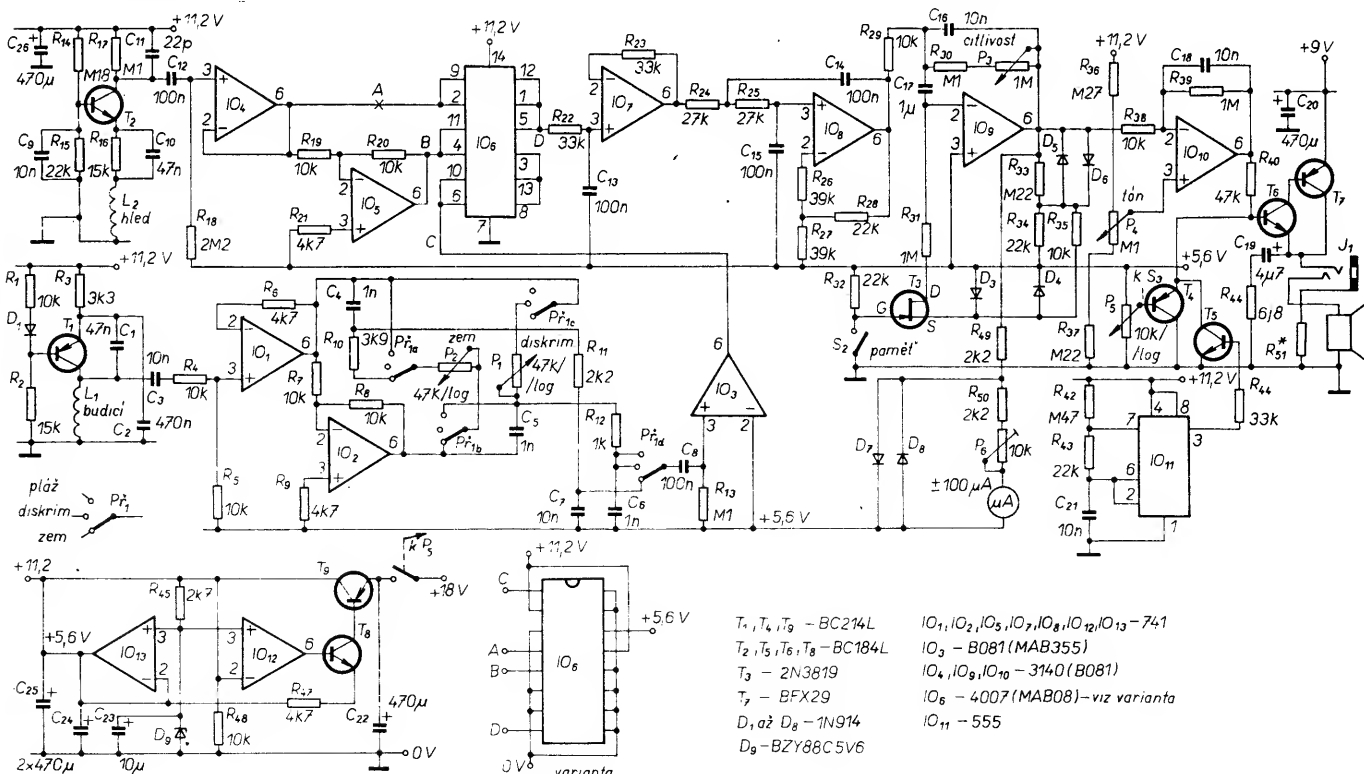
Obvod  $IO_9$  pracuje jako stejnosměrný zesilovač a také jako stupeň automatického ladění (tune). Jeho funkci lze snadněji pochopit, když se nejprve považuje za obvyklý invertující zesilovač s operačním zesilovačem podle obr. 26. Když je na neinvertujícím



Obr. 26. Invertující operační zesilovač

vstupu 0 V, pak musí být na invertujícím vstupu také 0 V, takže když se na vstupní rezistor  $R_{vst}$  přivede napětí, výstupní signál se změní tak, že se obnoví na invertujícím vstupu nulové napětí přes  $R_f$ . Uvažujme nyní vliv umístění kondenzátoru v bodě „x“. Když je výstup připojen přímo k invertujícímu vstupu, přejde na 0 V. Když se současně na  $R_{vst}$  přivádí napětí, kondenzátor se nabije. Když se nyní výstup odpojí od invertujícího vstupu, zůstane na něm 0 V, protože kondenzátor si podrží náboj, potřebný pro odchylku vstupního napětí. Změna vstupního napětí se nyní projeví ve změně výstupního napětí, přičemž zesílení je dáno poměrem  $R_f/R_{vst}$ . Tímto způsobem je možné navrhnout zesilovač s pouze jedním operačním zesilovačem, který vyrovná velká vstupní ss napětí a přesto umožňuje značné ss zesílení velmi malé změny vstupního napětí.

Tranzistor  $T_3$  vytváří v hlavním obvodu prostředek pro spojení výstupu s invertujícím vstupem. Výstupní signál je dělen rezistory  $R_{33}$  a  $R_{34}$  a přivádí se přes rezistor  $R_{31}$ , takže rychlost nulování je poměrně pomalá, avšak nulování probíhá nepřetržitě, protože  $T_3$  je otevřen. Když je však chyba nastavení příliš velká, jako tomu bude po přepnutí nebo při použití ovládacích prvků rozlišení, povedou diody  $D_5$  nebo  $D_6$  a značně urychlí rychlost nastavení. Diody  $D_3$  a  $D_4$  brání tomu, aby vzniklo předpětí na přechodu  $T_3$  v propustném směru.



Obr. 25. Úplné zapojení přístroje

Potenciometrem  $P_4$  se nastavuje mez  $IO_{10}$ . Běžně se nastavuje tak, že je výstup  $IO$  roven napětí zdroje. Při výskytu signálu se výstupní signál  $IO$  mění do kladných velikostí. Obvod  $IO_{11}$  je časovač 555, zapojený jako astabilní oscilátor, dávající velmi krátké (kolem 100 mikrosekund) záporné impulsy o kmitočtu kolem 400 Hz. Transistor  $T_5$  je tak otevřen a zavírá se pouze během těchto impulsů, takže za  $R_{40}$  je výstupní signál obvodu  $IO_{10}$  „rozsekán“ na krátké kladné impulsy. To je ideální průběh pro vytvoření akustického signálu při ekonomické spotřebě proudů. Kontrola hlasitosti v takové konstrukci se většinou vyžaduje pouze pro omezení maximální úrovně generovaného zvuku, takže v tomto obvodu pracuje potenciometr  $P_5$  a tranzistor  $T_4$  jako nastavitelný

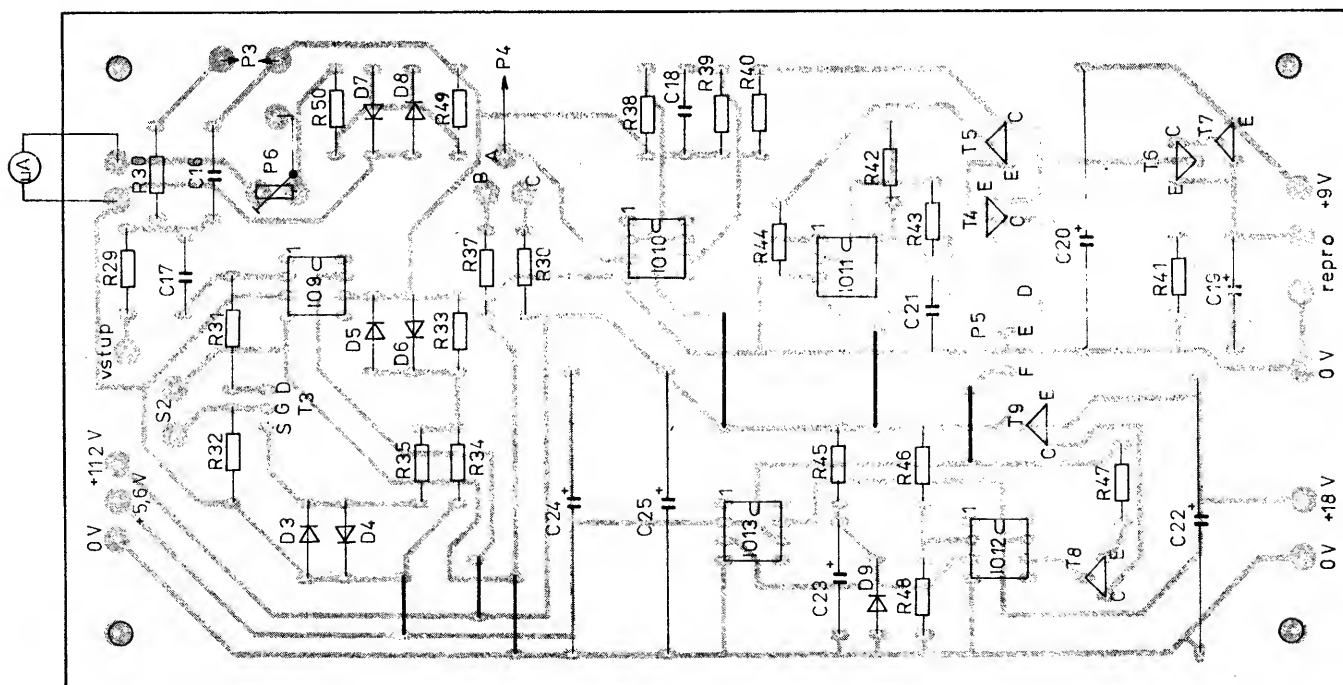
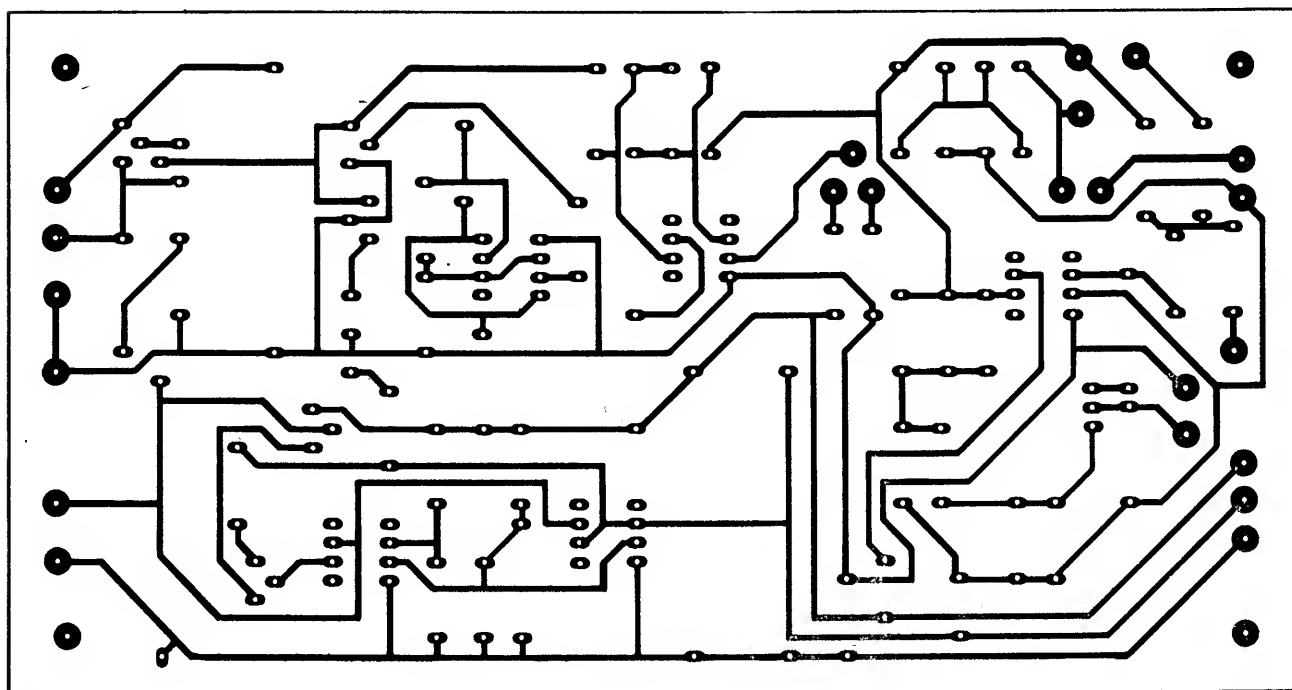
omezovač. Tímto způsobem se nezmenšuje citlivost přístroje, když je třeba pracovat se zmenšenou hlasitostí. Tranzistory  $T_6$  a  $T_7$  tvoří komplementární Darlingtonovu dvojici, jejíž proudové zesílení umožňuje, aby signál budil reproduktor nebo sluchátka.

### Napájení přístroje

V přístroji se používají dva nezávislé zdroje. Většina obvodů je napájena ze dvou baterií typu 51 D v sérii nebo čtyř plochých baterií (co bude výhodnější), tj. 18 V, regulovaných obvodem kolem  $IO_{12}$  a  $IO_{13}$ . Při tolika operačních zesilovačích je mnohem snadnější uspořádat obvody kolem zdroje se středním vývodem tak, že referenční napětí (vytvořené Zenerovou diodou) je odděleno

obvodem  $IO_{13}$ . Pak je zdvojeno obvodem  $IO_{12}$  a tranzistory  $T_8$  a  $T_9$ , aby se dosáhlo stabilizovaného napájecího napětí o dvojnásobku Zenerova napětí, jmenovitě +11,2 V. Toto uspořádání bylo použito přednostně před integrovaným stabilizátorem, protože pracuje bezchybně až do doby, než se napětí baterie zmenší na velikost pouze o 0,1 V větší, než je výstupní napětí stabilizátoru. Většina integrovaných stabilizátorů vyžaduje rozdíl nejméně 2 V, což v praxi znamená, že se baterie musejí častěji vyměňovat. Celková proudová spotřeba všech obvodů je kolem 20 mA.

Výkon pro koncový stupeň pro reproduktor zabezpečuje nezávislá baterie 9 V, protože to je nejjednodušší způsob, jak zabránit potížím s odstraňováním vazeb v tomto vel-



Obr. 27. Deska X236 zdroje



mi citlivém obvodu. Baterie typu D 51 má mnohem menší rozměry, než filtrační kondenzátory, které by bylo jinak nutné použít; přitom stačí použít pouze jeden spínač napájecího zdroje, protože výstup neodebírá proud, není-li přítomen vstupní signál.

### Konstrukce

Použijeme dvě desky s plošnými spoji. Protože jde o velmi „citlivé“ obvody, může být výsledkem jakýchkoli změn značná nestabilita!

Deska obsahující zdroj napájecího napětí, automatické ladění a výstup by měla být postavena jako první, protože zdroj napájecího napětí bude třeba použít pro zkoušení předřazené „vstupní“ desky (obr. 27).

Sestavování začneme zapojením šesti propojek. Zapojte  $R_{45}$  až  $R_{48}$ ,  $C_{22}$  až  $C_{25}$ ,  $ZD_1$ ,  $T_8$ ,  $T_9$ ,  $IO_{12}$  a  $IO_{13}$ . Připojíme-li baterii 18 V přes miliampérmetr na rozsahu 100 mA a rezistor 220  $\Omega$  v sérii, který omezí proud, pokud jsou v zapojení chyby. Je také vhodné používat tento rezistor v průběhu zkoušení obou desek. Po nabití elektrolytických kondenzátorů by se měl odebíraný proud ustálit asi na 5 mA. Zkontrolujeme, je-li na  $C_{25}$  asi 11 V, na  $C_{24}$  asi 5,5 V. Tím je dokončena kontrola napájecího zdroje.

Pokračujeme zapojením  $R_{40}$  a  $R_{41}$ ,  $C_{19}$  a  $C_{20}$ ,  $T_6$  a  $T_7$ . Připojíme reproduktor, zapojíme napájecí zdroj 9 V přes měřidlo 100 mA a rezistor 100  $\Omega$ , opět pro případ výskytu chyby v zapojení. Po nabití kondenzátorů se odebíraný proud zmenší na nulu. Dotyk prstu na  $R_{40}$  a současně na kladný pól napájecího napětí způsobí praskání a indikaci odběru proudu. Zapojíme  $R_{42}$  až  $R_{44}$ ,  $C_{21}$ ,  $T_5$  a  $IO_{11}$ , je časovač 555. Připojíme oba napájecí zdroje. Prst na kladném napětí 9 V a  $R_{40}$  by měl způsobit výstupní tón 400 Hz, i když dosud možná o dosti malé hlasitosti. Pak můžeme vypustit rezistor 100  $\Omega$  z přívodu zdroje napájení 9 V v průběhu zkoušek, ale rezistor 220  $\Omega$  ve zdroji 18 V by měl být ponechán. Zapojíme  $T_4$  a připojíme  $P_5$ . Zapojíme zdroj napájení, dotkneme se prsty  $R_{40}$  a kladného pólu zdroje 9 V a zkontrolujeme, je-li možné potenciometrem  $P_5$  řídit hlasitost.

Zapojíme  $R_{33}$ ,  $R_{34}$ ,  $R_{36}$  až  $R_{39}$ ,  $C_{18}$  a  $IO_{10}$ . Nyní můžeme připojit  $P_4$  a připojit napájení. Mělo by být možné potenciometrem  $P_4$  zapínat postupně výstupní tón. Vstupní signál pro  $IO_{10}$  je totiž v tomto stupni odebrán ve skutečnosti přes  $R_{33}$  a  $R_{34}$ , což poněkud zmenšuje jeho zesílení. Pokud na výstupu není žádný tón, zkontrolujeme, není-li hlasitost nastavena na minimum.

Potom zapojíme na tuto desku všechny zbývající součástky. Připojíme  $S_2$ ,  $P_3$  a měřidlo. Zkratujeme vstupní bod na střední vývod baterie. Připojíme napájení; ručka měřidla se má vrátit na nulu za několik sekund vlivem funkce automatického nastavení. Nastavíme  $P_4$  těsně pod mez nasazení tónu. Dotkneme se jednou rukou kladného pólu baterie 18 V a rezistorem 10 M $\Omega$ , druhou v druhé ruce, horního konce  $R_{29}$ . To by mělo způsobit krátké zaznění tónu a „kladnou“ výchylku ručky měřidla, která se pak vrátí na nulu. Opakujeme tento postup při sepnutém  $S_2$  – zvuk a výchylka ručky měřidla by pak měla být stálá. Dotkneme-li se při sepnutém  $S_2$  některého z přívodů k baterii 18 V a dolního konce  $C_{17}$ , měla by se vychýlit ručka měřidla vlevo či vpravo; plnou výchylku ručky je pak možné nastavit potenciometrem  $P_6$ .

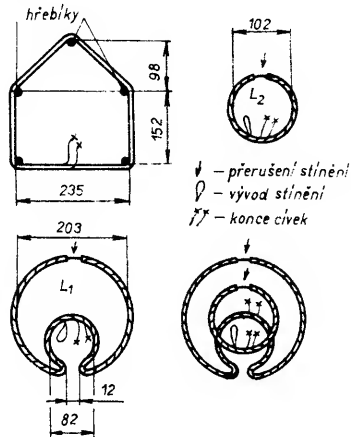
### Hledací cívky

Je nejlépe začít navinutím hledacích cívek, které budeme potřebovat pro zkoušení vstupní desky s plošnými spoji v různých fázích ožívání. Detektor používá cívky s bodovým záběrem z důvodů, které již byly vysvětleny; jejich zhotovení je poněkud ob-

těžnější, než u cívek se širokopásmovým záběrem, ale dosažené výsledky stojí za vynaložené úsilí. Sestava cívek je uložena na talíři o průměru 21 cm, zhotoveném z velmi lehké plastické hmoty (v originálu talíř z kempingové soupravy).

Vnitřek talíře je pečlivě zdrsňen smrkovým papírem, aby se usnadnilo přilnutí tmelu nebo lepidla.

Obě cívky jsou navinuty na šablonu zhotovenou s použitím hřebíků a vhodné desky. Větší, vysílací cívka je zhotovena s pěti hřebíky, rozmístěnými podle obr. 28, na kte-



Obr. 28. Konstrukce  $L_1$  a  $L_2$

ré se navine 60 závitů lakovaného měděného drátu o průměru 0,27 až 0,3 mm. Může být dočasně svázána několika závitů drátu a sejmuta z hřebíků – je to nepohodlné, ale ne příliš obtížné – ohnuta do tvaru podle obrázku a těsně šroubovicově ovinuta holým velmi tenkým (např. 0,1 mm z běžné síťové dvoulinky) měděným pocínovaným drátem, s ponecháním smyčky v blízkosti vývodu, kterou je možné použít pro připojení. Pak se přes holý drát omotá pruh alobalu, vytvářející elektrostatické stínění, které se upevní dalším těsným ovinutím holým drátem. Potom cívku pevně omotáme izolačním páskem nejlépe z PVC. Obě vinutí (drátem i fólií) musí mít mezeru, protože kdyby toto stínění vytvářelo úplný závit po obvodu cívky znemožnilo by to její funkci.

### Snímací cívka

Snímací cívka je zhotovena stejným způsobem. Obsahuje 200 závitů lakovaným měděným drátem o  $\varnothing$  0,2 mm, navinutým na válci o průměru 10 cm. Na ni se umístí stínění podobně jako na vysílací cívku, opět s mezerou a omané izolací páskou.

Nyní je možné upevnit vysílací cívku na talíř s použitím tmelu nebo lepidla. Cívku je nejlépe upevňovat postupně a fixovat ji např. kolíčky na prádlo a lepicí páskou. Do otvoru v horním talíři se zasune čtyřžilový stíněný kabel, vývody cívek se připojí ke stíněným vodičům. Může být poněkud obtížné udržet vodiče „na místě“ v průběhu vytváření pryskyřice. V tomto stadiu se snímací cívka ještě neupevňuje.

### Deska vstupu a zpracování signálu

Sestavování desky podle obr. 29 začíná zapojením všech propojek. Pak zapojíme  $R_1$  až  $R_3$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  a  $C_{26}$ ,  $D_1$  a  $T_1$ . Připojíme vysílací cívku a napájení z desky napájecího zdroje. Nadále přitom používáme rezistor v sérii se zdrojem 18 V pro případ, že by se v průběhu zkoušek vyskytla chyba. Nyní by měl pracovat vysílací oscilátor na kmitočtu mezi 15 a 16 kHz. Tuto i další část obvodů je možné zkontrolovat osciloskopem.

Dále zapojíme  $R_4$  až  $R_{13}$ ,  $C_3$  až  $C_8$  a  $IO_1$ . Připojíme napájení a zkontrolujeme, je-li ss výstupní napětí obvodu  $IO_1$  (na vývodu 6) 5,6 V. Zapojíme  $IO_2$ , připojíme napájení a zkontrolujeme ss výstup  $IO_2$ , je-li 5,6 V. Zapojíme  $IO_3$ , připojíme  $P_1$  mezi body I a J,  $P_2$  mezi body G a H a zapojíme kousek drátu tak, aby bylo možné bod M zkratovat s body K nebo L a jeden z těchto zkratů realizujeme. V tomto okamžiku nezáleží na tom, který z nich to bude. Připojíme napájení a zkontrolujeme, je-li ss výstupní napětí obvodu  $IO_3$  (vývod 6) 5,6 V. Výstup  $IO_2$  by nyní měl být přepínán podle kmitočtu oscilátoru z kladného na záporné napětí, ale střední hodnota výstupu musí být 5,6 V. Zkontrolujeme, jestli nastavení potenciometru  $P_1$  (M zkratované na L) a  $P_2$  (M na K) způsobuje jen malý nebo žádný rozdíl výstupního napětí  $IO_3$ .

Podle původního návrhu byly potenciometry zapojeny přímo tak, jak jsou při této zkoušce, a k M, K a L byl zapojen dvoupólový přepínač. Tak se dosáhlo „potlačení země“ ( $P_2$ ) a „rozištění“ ( $P_1$ ). Při prvním průzkumu na pláži (písek) se však zjistilo, že „plážový efekt“ bylo možné potlačit jen ovládacím prvkem „rozištění“; tento efekt bylo možné předpokládat, protože pláže jsou obvykle vodivé. Zabránilo to však použití „rozištění“ pro identifikaci fólií, kterých se na většině pláží nachází značné množství. Pro překonání tohoto problému bylo přepínání upraveno tak, aby se získala třetí poloha, „pláž“, v níž je  $P_2$  fakticky přepínán do obvodu „rozištění“ namísto „vyloučení země“. Tak je potom možné používat potenciometr  $P_2$  pro potlačení falešných signálů, způsobených vlhkou pláží stejně jako zemí, zatímco  $P_1$  může být opět používán pro kontrolu nálezu, jak bylo původně zamýšleno.

V montáži pokračujeme zapojením  $R_{14}$  až  $R_{21}$ ,  $C_9$  až  $C_{12}$  a  $T_2$ . Připojíme provizorní snímací cívku napájení a zkontrolujeme, je-li emitorové napětí  $T_2$  přibližně o 0,6 V větší než záporné napájecí napětí. Zapojíme  $IO_4$ , napájení a zkontrolujeme, je-li výstupní napětí  $IO_4$  (na kolíku 6) 5,6 V. Zapojíme  $IO_5$ , připojíme napájení, a zkontrolujeme, je-li výstupní napětí  $IO_5$  polovinou napájecího napětí.

Zapojíme  $R_{22}$  až  $R_{28}$  a  $C_{13}$  až  $C_{15}$ . Zapojíme  $IO_6$  při dodržení zásad pro zachování ss obvodu CMOS. Umístíme snímací cívku do přibližné polohy na vysílací cívku, připojíme napájení a kontrolujeme měřícím přístrojem horní konec  $R_{22}$ . Napětí tam má být v rozsahu 2 až 8 V a musí se měnit při změně nastavení  $P_1$  nebo  $P_2$  (podle toho, který je zvolen zkratováním M na K nebo L). Nastavíme polohu snímací cívky tak, aby se na horním konci  $R_{22}$  dosáhlo 5,6 V. Dbáme na to, aby se stínění cívek vzájemně nedotýkala, i když jsou obě připojena ke stíněným vodičům: když se dotýkají na obou stranách, může dojít k vytvoření „zkratovaného závitu“ ve středu sestavy.

Zapojíme  $IO_7$ , zkontrolujeme jeho výstupní napětí, je-li stejné jako napětí na horním konci  $R_{22}$ , tj. 5,6 V. Zapojíme  $IO_8$ . Zkontrolujeme, je-li na vývodu 6 obvodu  $IO_7$  napětí 5,6 V; pokud tomu tak není, upravíme polohu cívky. Pak zkontrolujeme, je-li napětí 5,6 V také na výstupu  $IO_8$ . Tím je sestavení desky vstupu a zpracování signálu dokončeno.

### Mechanická konstrukce

Dále je možné pokračovat zhotovením mechanických částí přístroje. Jsou zhotoveny převážně z plastické instalační trubky a spojky. Součásti jsou jednoduše slepeny a zasunuty do sebe – tímto způsobem lze zhotovit velmi vhodné držadlo a nosnou tyč.

V důležitých místech trubky je použito vyztužení dřevěnou vložkou, aby se zabránilo jejímu sploštění při utažení procházejících svorníků. Hledací cívka je upevněna svorníkem, procházejícím oběma úhelníky a koncem trubky, s křídlovými maticemi po obou stranách, takže uživatel si může snadno upravit potřebný sklon cívky. Vše musí být z plastiku.

Elektronickou část je třeba umístit do ovládací skříňky. Její horní část musí být opatřena otvory pro měřidlo, potenciometry a přepínač v uspořádání podle obr. 30. V jedné z bočních stěn se vyvrtá soustava děr, na

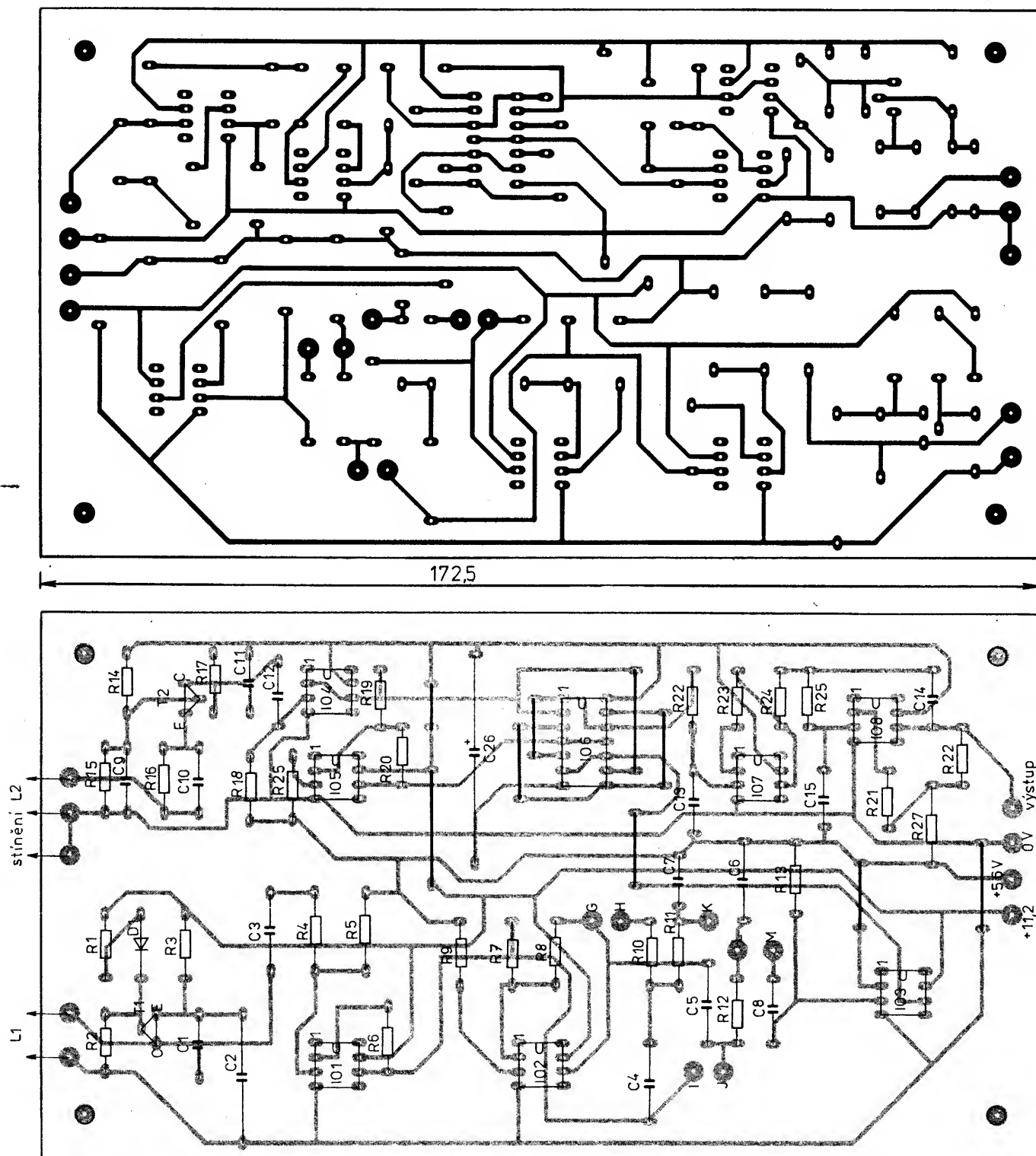
kterou se pak upevní reproduktor. Čtyři šrouby, procházející základnou skříňky, slouží jako distanční sloupky, na kterých jsou nad sebou upevněny obě desky s plošnými spoji, nahoře je deska vstupu a zpracování signálu.

Pro všechny spoje k deskám je nejvhodnější použít páskový kabel, připojený k nim ještě před vložením desek do skříňky. Barvy příslušných vodičů je vhodné si zaznamenat. Zásuvku pro sluchátko je možné použít podle přání. Rezistor „R“ je třeba zvolit podle typu sluchátek, která se budou používat, v prototypu byl jako vhodný zjištěn odpor

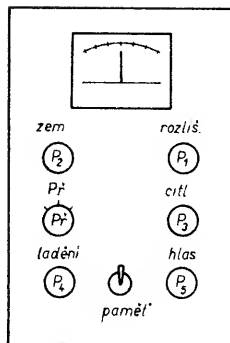
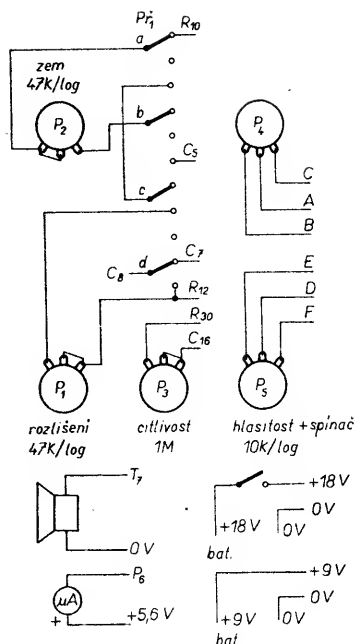
100  $\Omega$ . Pro vývod z cívek byla použita 5pólová zástrčka.

### Nastavení hledacích cívek

Když jsou zapojeny všechny součástky, nastává choulostivá závěrečná fáze prací: nastavení hledacích cívek. V průběhu této operace nesmějí být v blízkosti cívky kovové předměty. To je také vhodná příležitost pro upozornění, že přístroj může být ovlivněn vyzářováním řádkové časové základny televizorů soustavy s 625 řádky, takže pokud zjistíte rušení zvuku nebo zvukové impulsy



Obr. 30. Zapojení ovládání



nutné, protože dokončená hlava by mohla být zbytečně těžká.

#### Konečné sestavení a zkoušky

Všechny součástky zapojené pro zkoušky mohou nyní být odstraněny a přístroj může být nakonec sestaven a vyzkoušen.

Po zapnutí by se měl přístroj za několik sekund sám vynulovat a ovládací prvek ladění je pak třeba nastavit těsně pod mez nasazení oscilačního tónu. Citlivost tohoto přístroje je značná; ve většině případů bude pravděpodobně třeba udržovat nastavení ovládacího prvku citlivosti někde kolem střední polohy. Při přepínání v poloze „zem“ je možné najít polohu ovládacího prvku „zem“, ve které přibližování a vzdalování hlavy od země nebude mít žádný vliv – na jedné straně od této polohy bude vliv země „kladný“, na druhé straně „záporný“, takže není obtížné tuto polohu najít. Nastavení tohoto ovládacího prvku na vlhkých plázcích je stejné s tím rozdílem, že přepínač musí být v poloze „pláž“.

Po zjištění kovového předmětu je třeba přístroj přepnout do režimu „rozlišení“ a určit charakter předmětu. V tomto režimu se projeví určitý vliv terénu, země, který závisí na prohledávaném terénu. Železné předměty způsobí „zápornou“ odezvu při všech nastaveních ovládacího prvku „rozlišení“, když se však nastavením zdůrazňuje činnost „rozlišení“, přístroj začne potlačovat malé kusky hliníkové fólie, pak větší kusy, tlusté fólie a konečně i kroužky od plechovek s pivem. Tento nedostatek mají všechny diskriminátory; schopnost potlačit indikaci železných odpadů a jiných fólií je bezesporu přínosem. Před dalším používáním přístroje se doporučuje určitá praxe s vybranými předměty – mincemi, hřebíky a kusky fólií atd.

Tlačítko paměti ladění se uplatní při rozlišování a přesné lokalizaci nálezů.

Practical Electronics srpen – září 1980

#### Použité součástky

Rezistory (libovolné, miniaturní TR 212, TR 296, TR 191)

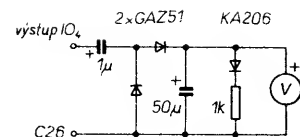
R <sub>1</sub>	10 kΩ
R <sub>2</sub>	15 kΩ
R <sub>3</sub>	3,3 kΩ
R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub>	10 kΩ
R <sub>6</sub> , R <sub>9</sub>	4,7 kΩ
R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub>	10 kΩ
R <sub>10</sub>	3,9 kΩ
R <sub>11</sub>	2,2 kΩ
R <sub>12</sub>	1 kΩ
R <sub>13</sub>	100 kΩ
R <sub>14</sub>	180 kΩ
R <sub>15</sub>	22 kΩ
R <sub>16</sub>	15 kΩ
R <sub>17</sub>	100 kΩ
R <sub>18</sub>	2,2 MΩ
R <sub>19</sub> , R <sub>20</sub>	10 kΩ

na výstupu přístroje, zkontrolujete nejdříve tuto možnost. Nastavení cívek není tak kritické, jako je tomu u běžného přístroje IB, optimální bod však existuje; pro přístroj typu GEB je to poloha, v níž se dosáhne ze snímací cívky maximálního zbytkového signálu na výstupu (a maximálního posuvu fáze). Běžné přístroje typu IB obvykle pracují nejlépe s mírnou odchylkou (ofsetem) od absolutní nuly. To ovšem není možné sledovat fázovým detektorem, vestavěným v přístroji samotném, takže je třeba improvizovat obvod podle obr. 31 a připojit jej k výstupu IO<sub>4</sub> (horní konec R<sub>19</sub>) a použít s univerzálním přístrojem na rozsahu 1 V, aby se usnadnilo nastavení na minimální výstupní signál. Mísoto tohoto přípravku můžeme použít osciloskop.

Nastavte P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> a P<sub>3</sub> do střední polohy. Přepněte do polohy „rozlišení“ s zapnuté. Měřidlo pro sledování amplitudy bude mít pravděpodobně plnou výchylku ručky. Pečlivě nastavujte polohu snímací cívky, dokud se výstupní napětí nezmenší – může to vyžadovat určitou trpělivost, protože pokud budete příliš spěchat, lze snadno posunout cívku až za „nulovou“ polohu. Nezapomenejte udržovat stínění bez dotyku! Když již dosáhnete polohy cívek někde v blízkosti nuly, zkuste přibližovat kovové předměty k cívkám a sledujte při tom měřidlo s nulou uprostřed. Neželezné předměty (jako je měděná mince) by měly způsobit zvětšení výchylky ručky, zatímco železné předměty (jako hřebík) způsobí zmenšení výchylky. Pokud se bude přístroj chovat opačně, je nutné přepólovat snímací cívku, a to buď jejím obrácením, nebo opačným zapojením jejích vývodů.

Po dosažení fáze zapojení spočívá další postup v nastavení snímací cívky do polohy, v níž se dosáhne absolutního minima výstupního napětí obvodu pro zkušební sledování amplitudy. K postupnému zpevnění cívky používáme pryskyřici, přičemž se po každém lepení znovu kontroluje nastavení. Ke konečnému jemnému nastavení může být překročeno až je již pohyblivá jen malá část cívky.

Po dokončení nastavení polohy cívek může být na cívky nanášena vrstva pryskyřice, na kterou se položí vrstva skleněné tkaniny a další pryskyřice, čímž se dosáhne sestavy hledací hlavy, která je pohledná, pevná a plně vodotěsná. Pouze jedno upozornění: nepoužívejte více pryskyřice, než je



Obr. 31. Pomocný měřicí přípravek

R <sub>21</sub>	4,7 kΩ
R <sub>22</sub> , R <sub>23</sub>	33 kΩ
R <sub>24</sub> , R <sub>25</sub>	27 kΩ
R <sub>26</sub> , R <sub>27</sub>	39 kΩ
R <sub>28</sub>	22 kΩ
R <sub>29</sub>	10 kΩ
R <sub>30</sub>	100 kΩ
R <sub>31</sub>	1 MΩ
R <sub>32</sub>	22 kΩ
R <sub>33</sub>	220 kΩ
R <sub>34</sub>	22 kΩ
R <sub>35</sub>	10 kΩ
R <sub>36</sub>	270 kΩ
R <sub>37</sub>	220 kΩ
R <sub>38</sub>	10 kΩ
R <sub>39</sub>	1 MΩ
R <sub>40</sub>	47 kΩ
R <sub>41</sub>	6,8 Ω
R <sub>42</sub>	470 kΩ
R <sub>43</sub>	22 kΩ
R <sub>44</sub>	33 kΩ
R <sub>45</sub>	2,7 kΩ
R <sub>46</sub> , R <sub>48</sub>	10 kΩ
R <sub>47</sub>	4,7 kΩ

Kondenzátory (keramické, není-li uvedeno jinak)

C <sub>1</sub>	47 nF
C <sub>2</sub>	470 nF, TC 225
C <sub>3</sub>	10 nF
C <sub>4</sub> až C <sub>6</sub>	1 nF
C <sub>7</sub>	10 nF
C <sub>8</sub>	100 nF
C <sub>9</sub>	10 nF
C <sub>10</sub>	47 nF
C <sub>11</sub>	100 nF
C <sub>13</sub> , C <sub>14</sub> , C <sub>15</sub>	100 nF
C <sub>16</sub>	10 nF
C <sub>17</sub>	1 nF
C <sub>18</sub>	10 nF
C <sub>19</sub>	4,7 μF, TF 026
C <sub>20</sub>	4700 μF, TF 022
C <sub>21</sub>	10 nF
C <sub>22</sub>	4700 μF, TF023
C <sub>23</sub>	10 μF, TF 026
C <sub>24</sub> až C <sub>26</sub>	4700 μF, TF 022, TF 023

Potenciometry (libovolné typy)

P <sub>1</sub>	47 kΩ, log.
P <sub>2</sub>	47 kΩ, log.
P <sub>3</sub>	1 MΩ
P <sub>4</sub>	100 kΩ
P <sub>5</sub>	10 kΩ, log.
P <sub>6</sub>	se spínačem (S <sub>3</sub> )
P <sub>6</sub>	10 kΩ, trimr

Polovodičové součástky

T <sub>1</sub> , T <sub>4</sub>	KC307
T <sub>2</sub> , T <sub>5</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>8</sub>	KC147
T <sub>3</sub>	BF245
T <sub>7</sub>	KFY18
T <sub>9</sub>	KF517
IO <sub>1</sub> , IO <sub>2</sub> , IO <sub>5</sub> , IO <sub>7</sub> , IO <sub>8</sub> , IO <sub>12</sub> , IO <sub>13</sub>	MAA741
IO <sub>3</sub> , IO <sub>4</sub> , IO <sub>9</sub> , IO <sub>10</sub>	B081
IO <sub>6</sub>	4007
IO <sub>11</sub>	555
D <sub>1</sub> , D <sub>3</sub> až D <sub>8</sub>	KA261 apod.
D <sub>9</sub>	KZ260/5V6

Ostatní

L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub>	viz text
---------------------------------	----------

Př<sub>1</sub> 4 pakety, 3 polohy  
 Př<sub>2</sub> 1 paket, 3 polohy  
 S<sub>2</sub> páčkový spínač  
 měřidlo 100-0-100 μA  
 reproduktor viz text

## Infračervené dálkové ovládání

Infračervené dálkové ovládání se dnes stává běžnou součástí televizorů a videorekordérů, neboť umožňuje dálkové ovládat prakticky všechny funkce těchto přístrojů. Přesto se i dnes může uplatnit jednodušší verze takového ovládání, umožňující dálkově zapínat a vypínat čtyři různé spotřebiče. A to nejen pro ty, kdo jsou řeckně pohodlní, ale například může pomoci i invalidům. Popisovaný systém, jehož skupinové schéma je na obr. 32, je navržen jako čtyřkanálový, je tedy určen pro řízení čtyř zařízení; jsou-li však některá zařízení dostatečně prostorově vzdálena, je možné jedním kanálem řídit i několik zařízení, například dveře garáže a gramofon.

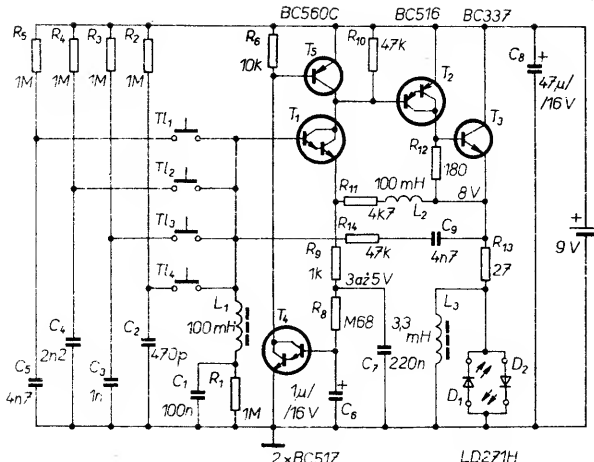
Na skupinovém schématu je přijímač i vysílač. Vysílač je poměrně jednoduchý, neobsahuje žádné IO, umožňuje dosáhnout při konstrukci malé váhy a malých rozměrů. Skládá se ze čtyř tlačítek, obvodu modulačního nosného signálu, zesilovacího stupně a infračervené diody LED.

Přijímač je poněkud složitější, skládá se z přijímací infračervené diody LED s následujícím zesilovačem, obvodu fázového závěsu a optické indikace, a konečně z klopných obvodů, ovládající relé.

Činnost vysíláče je možné popsat podle schématu zapojení na obr. 33. Proces ovládání začíná stisknutím jednoho ze čtyř tlačítek T<sub>1</sub> až T<sub>4</sub> (nejlépe je použít tlačítka vhodná pro digitální techniku). Podle toho, které tlačítko se stiskne, zapojí se mezi vstup a výstup upraveného Franklinova oscilátoru obvod, složený z L<sub>1</sub> a C<sub>2</sub> nebo C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>. Oscilátor se skládá z Darlingtonovy dvojice T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> a neinverujícího zesilovače T<sub>3</sub>. Tranzistor T<sub>3</sub> také odděluje výstupní signál T<sub>2</sub>. Při sepnutí jednoho z kontaktů tlačítek T<sub>1</sub> až T<sub>4</sub> dostává tranzistor T<sub>1</sub> přes dělič napětí R<sub>1</sub> a R<sub>2</sub> až R<sub>5</sub> předpětí báze, odpovídající polovině provozního napájecího napětí. Kapacita kondenzátorů C<sub>2</sub> až C<sub>5</sub> při tom určuje kmitočet oscilátoru.

Po uplynutí času, nastaveného pomocí článku R<sub>6</sub>, C<sub>6</sub>, se tranzistor T<sub>4</sub> otevře, tím se také otevře tranzistor T<sub>5</sub>. T<sub>5</sub> zkratuje R<sub>10</sub> a přestane kmitat oscilátor T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>. V tomto okamžiku se také drasticky zmenší odběr proudu z asi 100 mA na 1 mA, což indikuje, že oscilátor pracuje. Ve schématu zapojení najdeme i určitou zvláštnost: antiparalelně zapojené diody D<sub>1</sub> a D<sub>2</sub>. Charakteristika diody D<sub>2</sub> brání poklesu napětí na 0 V. Problém se tedy řeší paralelním zapojením cívky L<sub>3</sub>, která blokuje parazitní kapacity a tím způsobí, že se napětí na přívodech diody D<sub>2</sub> může zmenšit pod 0 V. Tím se dosáhne relativně symetrického výstupního signálu. Při stisknutí některého z tlačítek T<sub>1</sub> až T<sub>4</sub> se

Obr. 33. Vysílač dálkového ovládání



rozsvítí dioda D<sub>1</sub> a indikuje, že infračervená dioda LED pracuje. Když dioda přestane svítit, nevede i dioda D<sub>1</sub>.

Vysílač je napájen baterií 9 V. Tato baterie by při proudové spotřebě v režimu vysílání dlouho nevydržela, proto ty tlačítka neměla zůstat stisknuta zbytečně dlouho. Kromě toho nemá smysl se pokoušet o ovládání dalšího zařízení, dokud nezhasne D<sub>1</sub>.

Schéma zapojení přijímače je na obr. 34. V tomto zapojení se nepoužívá žádný transformátor, proto je třeba dbát opatrnosti, protože zapojení je přímo spojeno se sítí. Pozor při experimentování s obvodem! Síťové napětí na můstkovém usměrňovači se usměrní a omezí diodou D<sub>4</sub> asi na 12 V. Rezistor R<sub>12</sub> omezuje proud odebíraný zapojením po zapnutí a C<sub>14</sub> pak svou impedancí určuje odběr v ustáleném stavu.

Stabilizované napětí 12 V se přivádí na stabilizátor IO<sub>2</sub>, který dodává dalším obvodům napětí 8 V.

Funkci obvodu je možné nejlépe pochopit sledováním signálu, který je přijímán diodou D<sub>1</sub>. Cívka L<sub>1</sub> tvoří laděný obvod, přičemž kapacita kondenzátoru závisí na kanálu, na kterém má přijímač pracovat. V tabulce jsou uvedeny kapacity kondenzátorů C<sub>1</sub> a C<sub>10</sub> v různých kanálech:

Kanal	C <sub>1</sub>	C <sub>10</sub>
1	4,7 nF	12 nF
2	2,2 nF	10 nF
3	1 nF	6,8 nF
4	470 pF	4,7 nF

Dioda D<sub>5</sub> určuje předpětí báze T<sub>1</sub> na 4,7 V. C<sub>2</sub> zajišťuje jeho filtraci. Výstupní signál T<sub>1</sub> je zesilován tranzistorem T<sub>2</sub> a pak přiváděn na IO<sub>1</sub>. Tento obvod pracuje jako fázový závěs a dekoduje přicházející signály. Ukolem obvodu IO<sub>1</sub> je generovat výstupní signál, když se na jeho vstup přivede signál, který se nachází v jeho pracovním kmitočtovém rozsahu. Střední kmitočet tohoto rozsahu se určuje hodnotami čtyř externích součástek. Když se tedy na vstup IO<sub>1</sub> přivede signál, je

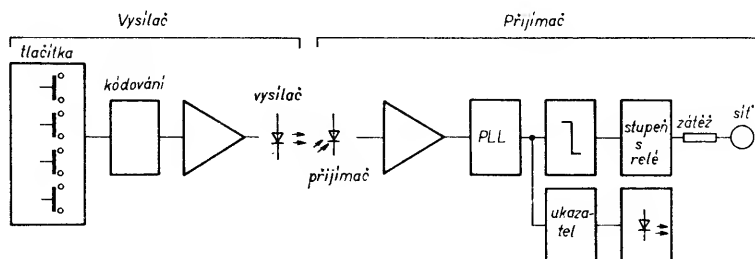
na výstupu (vývod 5) signál pravouhlého průběhu o stejném kmitočtu jako na vstupu zesilovacího stupně. Správnou činnost zesilovače a fázového závěsu zajišťují dva filtrační obvody: L<sub>2</sub> a C<sub>4</sub> pro zesilovač a L<sub>3</sub> a C<sub>6</sub> pro IO<sub>1</sub>. Když je fázový závěs v činnosti, napětí na vývodu 8 se prudce zmenší. Tak vzniká signál, jehož sestupná i vzestupná hrana je zpožděována obvodem RC (R<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>, popř. R<sub>5</sub>, C<sub>7</sub>). Hradlo NAND, IO<sub>3a</sub>, tento signál invertuje. Pak se signál používá jako taktovací signál pro bistabilní klopný obvod IO<sub>4</sub>. Je důležité, aby klopný obvod reagoval jen na tento impuls, protože řídí relé, produkující celou řadu rušivých impulsů. Proto je obvod R<sub>6</sub>, C<sub>7</sub> dimenzován také tak, aby byly rušivé vlivy potlačeny. Buzení relé klopným obvodem bylo použito proto, aby se dosáhlo spolehlivé funkce obvodu při síťovém rušení. Proto je také zapojení aktivováno přímo po zapnutí sítě. Kdyby to z nějakého důvodu nebylo vhodné, je třeba pouze odpojit rezistor R<sub>8</sub> od výstupu Q klopného obvodu a připojit je k výstupu Q.

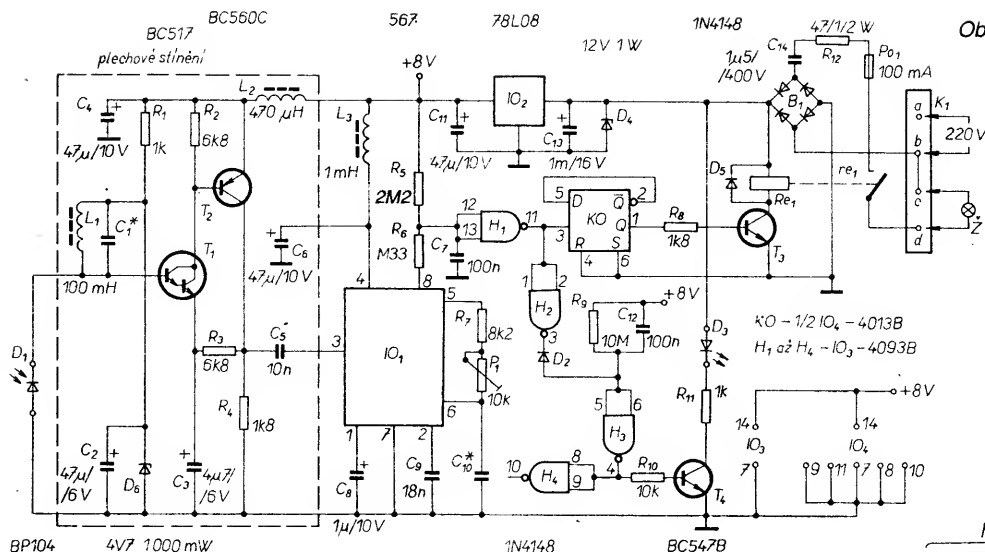
Hradla H<sub>2</sub> a H<sub>3</sub> indikují, jestli přijímač pracuje: připojená dioda LED (D<sub>3</sub>) svítí přibližně po dobu jedné sekundy. Tato dioda LED s předřadným rezistorem může být nahrazena piezoelektrickým buzákem.

Stavba vysíláče neklade žádné zvláštní nároky. Sestavenou destičku s plošnými spoji s baterií je možné vestavět do krabičky o rozměrech asi 60 × 120 × 15 mm. Infračervenou diodu LED je vhodné umístit na čelní stěnu krabičky.

Při stavbě přijímače je třeba dodržet určité zásady. Nejprve se připájejí součásti s vertikální montáží, pak objímky pro IO. Po usazení všech součástí se připájejí tři dráty, ke kterým se upevní stínící plech výšky 2 cm (viz obr. 34). Kabel připojující fotodiodu D<sub>1</sub> nesmí být v žádném případě delší než asi 15 cm. Pokud chcete dosáhnout ovládání na větší vzdálenost LED, je možné před diodu umístit spojnou čočku.

Při nastavování, zvláště při experimentování s deskou, se doporučuje použít místo napájení ze sítě stejnosměrný zdroj kolem 10 V a připojit jej na Zenerovu diodu D<sub>4</sub> – je to totiž podstatně bezpečnější. Také pro vysílač je vhodné použít stejnosměrný síťový zdroj, ušetříme baterie. Při následujících zkouškách přemostíme R<sub>10</sub> kouskem drátu a tlačítko zvoleného kanálu přelepíme lepicí páskou (ve stisknutém stavu). Výhodná by také byla možnost použít dvoukanalový osciloskop. Zátěž není třeba při počátečním nastavení používat. Připojte přijímač pro kanál 1 na přívod 3 IO<sub>1</sub>, pro kanál 2 na přívod 5 obvodu IO<sub>1</sub>. Tak se dosáhne vstupního signálu 30 až 40 mV. Je k tomu třeba odpojit vysílací LED a přijímací diody a umístit oba moduly vzájemně tak, aby na sebe vzájemně působily cívka L<sub>3</sub> ve vysílací a cívka L<sub>1</sub> v přijímači. Tím se dosáhne již zmíněného





Obr. 34. Příjímáč dálkového ovládání

slabého signálu 30 mV na vývodu 3 obvodu IO<sub>1</sub>. Pak se potenciometr P<sub>1</sub> nastaví tak, aby na osciloskopu byly zobrazeny dva signály o stejném kmitočtu posunuté fázově o 90°. Kromě toho by měl být signál na vývodu 3 zcela stabilní. Čím přesněji je nastaven P<sub>1</sub>, tím lépe bude zapojení pracovat. Takto se nastaví všechny čtyři kanály přijímače. Když signál dosáhne 60 mV, relé má odpadnout. Pokud tomu tak není, něco není v pořádku.

Po dokončení nastavení se opět zapojí infračervený LED a fotodiody. Přemostění R<sub>10</sub> se odstraní a je možné připojit ke kontaktům zátěž Z. Po krátké funkční zkoušce už můžete pohodlně usednout do křesla. Znovu však upozorňujeme na dodržování bezpečnostních opatření u přijímačů, které jsou v provozu spojeny se sítí.

Dosah různých vysílačů při zkouškách byl vždy větší, než 10 m. V řadě případů pracovaly i bez přímé viditelnosti (odrazem infračervených paprsků od stropu). Je však lépe používat vysílač v blízkosti ovládaného zařízení, aby se případně nezapnulo jiné zařízení – avšak to již ukáže praxe.

Elektor č. 11/1986

## Mikrovlonné detektory

Elektromagnetické vlnění v centrimetrové nebo milimetrové oblasti se nazývá mikrovlnami, nachází stále rostoucí využití v nejrůznějších oblastech, od leteckých a dopravních radarů, přes směrové a družicové spoje až po mikrovlnné trouby. Kromě technických předností, umožňujících realizovat velmi obtížné aplikace, mají však také určitou nevýhodu – při větších intenzitách pole mohou škodit lidskému organismu.

V souvislosti s postupným vybavováním domácností mikrovlnnými troubami vzniká otázka, je-li používání těchto zařízení bezpečné. V čem vlastně případné nebezpečí spočívá, co nejvíce ohrožuje? Jako zdroj mikrovlnného záření se používá magnetron. Je to speciální elektronka, ve které se jako zdroj elektronů používá válcová elektroda, a vnější magnety způsobují, že se elektrody pohybují po kruhové dráze v dutině, vytvářejí katodou s rezonančními zářezy. Při přeletu elektronů kolem těchto zářezů vznikají mikrovlny, které jsou vedeny do pracovního prostoru trouby. Tam vyvolává v pole pohyby elektronů a molekul, jejichž energie závisí na rozdělení náboje molekul a počtu volných elektronů. Tím se vysvětluje, že se kapaliny (obsahující mnoho volných elektronů a dipólůvých molekul) ohřívají více než pevné nevodivé látky, jako sklo nebo

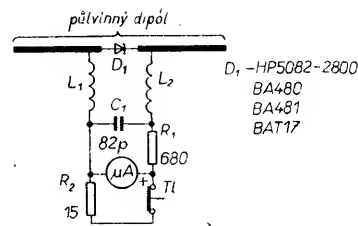
porcelán. Z uvedeného vyplývá, že únikem mikrovln mohou být ohroženy především orgány lidského těla, bohaté na vodu. Například oko je tvořeno rosolovitou hmotou, sklivcem, která je uzavřena v tkáni. V této tkáni je řada čidel bolesti a tepla, která oko chrání. Normální teplo prostupuje pokožkou a než se dostane dovnitř oka, je registrováno příslušnými čidly, jejichž signály způsobí, že se člověk od zdroje tepla vzdálí. Při ohřevu mikrovlnami je tomu však jinak. V tomto případě záření projde tkání a dojde k ohřevu sklivce. Teplotní čidla reagují až je pozdě, přirozený ochranný mechanismus je vyřazen, oko může být nenávratně poškozeno.

Není to však žádný důvod k panice, protože konstruktéři a výrobci těchto zařízení věnují maximální péči tomu, aby mikrovlnná energie z uzavřeného prostoru trouby neunikala. Dvířka přesně doléhají a navíc se používá zvláštní těsnění, které zamezuje úniku mikrovlnné energie kolem dvířek. Průhledové okénko je opatřeno kovovou sítkou, aby se zabránilo vyzařování okénkem. Dvířka jsou také vybavena spínačem, který při jejich otevření vypne napájení mikrovlnného generátoru.

Známé Murphyho zákony však zajišťují, že reálný svět není dokonalý. Při nesprávném zacházení se mohou dvířka poškodit a případnou netěsnost pak může mikrovlnná energie unikat. Takže pro klid svědomí by bylo vhodné mít možnost kontroly případného úniku.

Do určité míry vyzařují všechny mikrovlnné trouby. Důležitá však je úroveň tohoto vyzařování. Bylo zjištěno, že za daných okolností je „bezpečným maximum“ úroveň kolem 50 mW na cm<sup>2</sup>. Jednoduchý detektor, který by umožnil zjistit úroveň kolem jedné desetin až setiny uvedeného bezpečného maxima, by mohl poskytnout užitečné varování. Takové detektory se v zahraničí vyrábějí, mají však některé nedostatky. Kromě toho, že v našem trhu nejsou k dispozici, také není možné jednoduše zkontrolovat jejich funkci. V případě závady detektoru i při nebezpečném vyzařování ukazuje, že je vše v pořádku.

Následující dva příklady amatérské konstrukce detektorů mohou proto být užitečnými podněty. Schéma jednoduššího z nich je na obr. 35. Jde o půlvinovou dipólovou anténu, vytvořenou na desce s plošnými spoji s rezonancí kolem 2540 MHz (což je pásmo, používané u většiny těchto zařízení), která se používá pro příjem mikrovlnné energie. Dopadající energie je usměrňována speciální extrémně rychlou diodou (D<sub>1</sub>). V příslušné půlvině je katoda diody D<sub>1</sub> kladnější proti



Obr. 35. Indikátor mikrovln

anodě. Tyto kladné půlvinové impulsy se přivádějí přes tři tlumivky (meandry na obrazci plošných spojů na obr. 36) L<sub>1</sub> a L<sub>2</sub> na kondenzátor C<sub>1</sub>, který se nabíjí. Měřidlo má citlivost na plnou výchylku 250 μA a používá se k měření napětí na C<sub>1</sub>. Citlivost měřidla je upravena na vhodnou míru sériovým rezistorem R<sub>1</sub> a paralelním rezistorem R<sub>2</sub>. Tlačítko T<sub>1</sub> má v klidu kontakty sepnuté, R<sub>2</sub> je tedy zapojen paralelně s měřidlem a zajišťuje citlivost pro vlastní měření. Při jeho stisknutí se citlivost zvětší asi desetkrát a v tomto stavu se provádí zkouška detektoru.

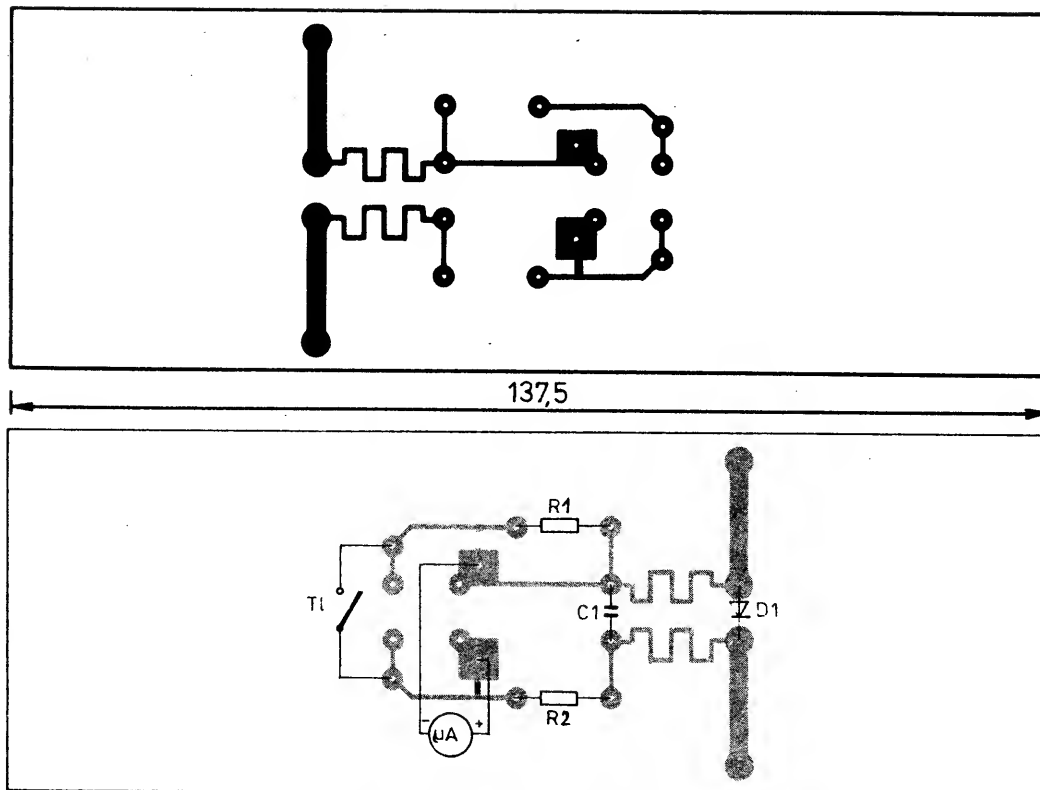
Výhodou této konstrukce je kromě jednoduchosti to, že je možné zkontrolovat provozuschopnost detektoru a dosáhnout tak věrohodnosti měření. Detektor je také na rozdíl od podobných komerčních detektorů vybaven měřidlem, umožňujícím posoudit úroveň vyzařování. Komerční detektory používají pro indikaci indikátor LED.

Detektor je sestaven na desce s plošnými spoji, nemá skříňku. Deska je navržena tak, aby mohla být pohodlně držena v ruce. Protože se doporučuje zkoušet parazitní vyzařování ve vzdálenosti asi 40 mm od mikrovlnné trouby, přesahuje „pracovní“ konec desky o 40 mm anténu a detekční diodu. Tenhle konec desky se tedy prostě přiloží ke kontrolovanému zařízení a není nutné vzdálenost odhadovat.

Jde tedy v podstatě o mikrovlnnou „dýkalku“. Byla navržena tak, aby se dosáhlo plné výchylky měřidla při úrovni parazitního vyzařování kolem 5 mW/cm<sup>2</sup> s tlačítkem v nestisknuté poloze. Je tedy možné detekovat vyzařování o úrovni dostatečně menší, než je „bezpečná“ úroveň.

Konstrukce detektoru je jednoduchá, je však nutné použít desku s plošnými spoji podle uvedeného návrhu, jinak nelze dosáhnout reprodukovatelných výsledků. Proto je také nutné použít jako materiál desky vřesklý laminát (nebo teflon), materiálu se špatnými vřivlastnostmi jsou nepoužitelné. Měřidlo a tlačítko jsou upevněny na straně součástí. Diodu je nutné připájet do středu dipólu prakticky bez vývodů (obr. 36).





Obr. 36. Deska s plošnými spoji X238 pro indikátor mikrovln

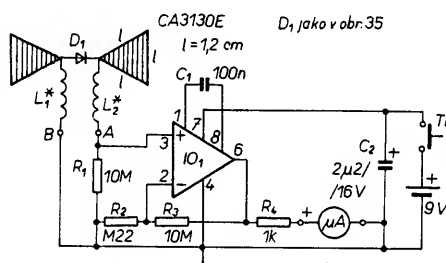
Tlačítko: sepnuto – kontrola měřidla, nesepnuto – měří se záření, poloviční výchylka – nebezpečí plná výchylka – smrt!!

Použití detektoru je jednoduché. Při stisknutí tlačítka se vyzkouší funkce. Při pohybu detektoru kolem zkoušeného přístroje se ručka měřidla vychýlí na řadě míst. Zkuste také měřit s dipólem ve vertikální poloze. Pak se proces opakuje již bez stisknutí tlačítka. Patrně zjistíte ojedinělou výchylku v místech, kde předtím při zkoušení detektoru byly zjištěny největší výchylky. Pak je zkoušená mikrovlnná trouba v pořádku, za běžných okolností je výchylka menší než 0,5 mW/cm<sup>2</sup>.

Závěrem ještě připomínka. Nezapomeňte při zkoušce umístit do trouby „zátěž“, tedy potraviny nebo sklenici vody. Výrobci obecně doporučují, aby tato zařízení nebyla provozována v nezatiženém stavu, aby se neškodil magnetron.

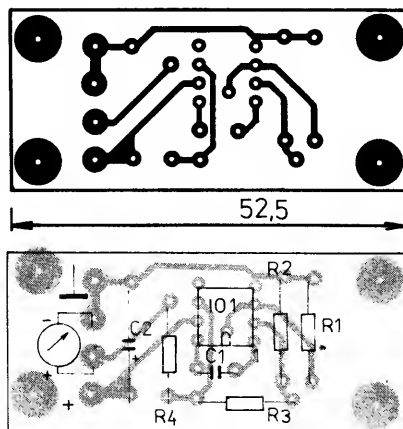


Na obr. 37 je schéma zapojení obdobného, poněkud složitějšího přístroje. V tomto případě je mezi anténou a měřidlo zapojen neinverující stejnosměrný operační zesilovač. Signál zachycený anténou je usměrňován diodou D<sub>1</sub> a filtrován kapacitou jejich vývodů a cívkami L<sub>1</sub> a L<sub>2</sub>. Následující operační zesilovač má zesílení asi 50 (poměr R<sub>2</sub>/R<sub>3</sub>). Protože jde o operační zesilovač se vstupy MOSFET s velkou impedancí, nezatežuje usměrňovací obvod s diodou D<sub>1</sub>. Aby se mohla „kapacita“ diody vybijet dostatečně rychle, je třeba na vstupu operačního zesilovače zapojit rezistor R<sub>1</sub> s odporem 10 MΩ. U destičkové baterie 9 V je vzhledem k poměrně velkému vnitřnímu odporu vždy vhodné použít paralelní kondenzátor, proto je v zapojení použit elektrolytický kondenzátor C<sub>2</sub>. Kondenzátor C<sub>1</sub> (v obvodu kompenzace operačního zesilovače) s kapacitou 100 nF zajišťuje „dolnopropustný“ charakter zesílení.



Obr. 37. Detektor mikrovlnného záření

Konstrukční provedení tohoto přístroje je poněkud odlišné od předcházejícího. Širokopásmový anténní dipól je sestaven ze dvou rovnostranných trojúhelníků z měděného plechu o straně 12 mm. Plechy jsou spojeny připájenou diodou a upevněny na cívkách s třemi závitů drátu o  $\varnothing$  0,5 mm na průměru 3 mm samonosně. Deska s plošnými spoji je na obr. 38. Je z oboustranně



Obr. 38. Deska s plošnými spoji X239 pro detektor mikrovlnného záření

plátovaného materiálu, součástky kromě anténní sestavy jsou připájeny ze strany obrazce, druhá strana je ponechána plná, kromě dvou děr pro připojení antény. Fólie druhé strany je spojena se zemí. Celek je umístěn s baterií a měřidlem 100 nebo 250  $\mu$ A v malé krabici.

Použití detektoru je podobné, jako u předcházejícího přístroje. Nevyžaduje žádné nastavování, činnost přístroje je nejlépe kontrolovat změřením nové mikrovlnné trouby. Pokud se měření údaje při opakovaných měřeních v průběhu let zvětšují, je třeba konzultovat s odborníkem.

A ještě upozornění. Tento detektor není v žádném případě vhodný pro „detekci“ signálů radaru k měření rychlosti motorových vozidel. Na to je jeho zesílení příliš malé.

AEM prosinec 1985, Elektor listopad 1986

## Měření skutečné kapacity akumulátorů

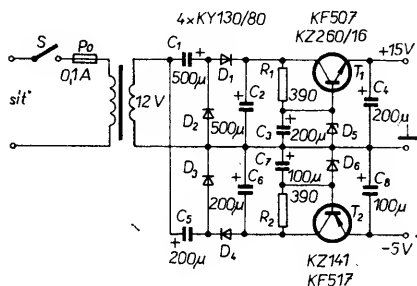
U každého akumulátoru výrobce udává jeho kapacitu v ampérhodinách nebo u menších v miliampérhodinách, ale tento údaj je mnohdy naprosto nepoužitelný. Akumulátor jednak stárím a nevhodným ošetřováním, nečistotou materiálu elektrod apod. časem ztrácí svou kapacitu, jednak údaj výrobce platí jen pro režim vybíjení určitým proudem, obvykle 1/10 udané kapacity. Chceme-li akumulátor zatěžovat více nebo méně, nikdy nevíme, jak dlouho může dodávat potřebnou energii, a může se stát, že nám vypoví službu předčasně a zůstaneme bez zdroje. Platí to jak u niklotadmiových akumulátorů, se kterými pracujeme v přenosných zařízeních, tak i pro olověné akumulátory libovolné velikosti.

V návodu budeme hovořit o NiCd akumulátorech (pro olověné akumulátory zásady platí také, jen vybíjecí odpory a vybíjecí napětí musíme přizpůsobit) od kapacity 225 mAh až do 5 Ah. Můžeme zkoušet aku-

mulátory od jednoho do deseti článků, tj. do 12 V.

Čerstvě nabitý článek NiCd má napětí až 1,4 V, „stání“ nebo vybitím se napětí zmenšuje až na 1 V (i méně). Tento stav považujeme za úplné vybití článku. Tedy při zkoušení budeme vybit baterie na 1 V na článek a zvolíme si takový proud, jakým v provozu budeme baterie zatěžovat. Přístroj při zahájení vybití zapne hodiny, po celou dobu vybití udržuje téměř konstantní vybíjecí proud a při zmenšení napětí na 1 V na článek vybití zastaví, vypnou se hodiny, na kterých zjistíme dobu vybití – tak dostaneme objektivní a pravdivý údaj o skutečné kapacitě akumulátoru při vybití daným proudem.

Na obr. 39 je zdroj pro přístroj. Protože



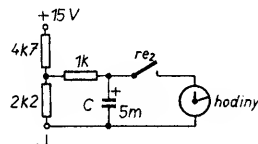
Obr. 39. Zdroj

napětí akumulátoru může být až 14 V, potřebujeme napájecí napětí 15 V. Abychom mohli zkoušet i jeden článek, komparátor musíme napájet i záporným napětím, proto zdroj dává i napětí -5 V – na jeho přesné velikosti vůbec nezáleží. V kladné části zdroje bude hlavním spotřebičem proudové relé, v záporné části spotřeba nepřekročí 20 mA. Transformátor postačí s příkonem 3 až 5 VA, libovolného tvaru se sekundárním vinutím 12 V.

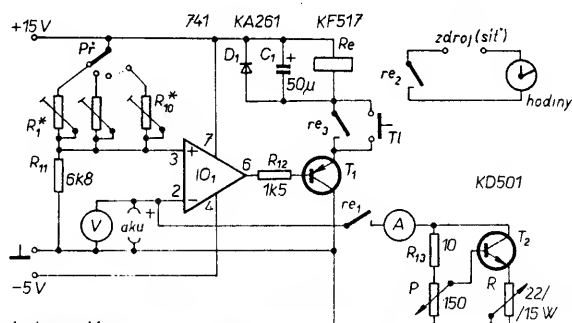
Zapojení vybíjecího obvodu je na obr. 40. Obvod pracuje takto:

Operační zesilovač je zapojen jako komparátor, porovnává napětí zkoušeného akumulátoru s napětím na jeho neinvertujícím vstupu. Toto referenční napětí lze měnit přepínačem podle počtu článků akumulátoru (poloha přepínače 1 až 10, R<sub>1</sub> až R<sub>10</sub>, simuluje vybité baterie 1 až 10 V). Bude-li napětí zkoušené baterie na invertujícím vstupu operačního zesilovače větší, než imitované napětí vybité baterie, výstupní napětí operačního zesilovače otevírá tranzistor T<sub>1</sub>, relé bude přitaženo, jeho kontakty re<sub>1</sub> spínají vybíjecí obvod. Proud přes měřidlo řídíme drátovým potenciometrem P, kterým nastavíme otevírání výkonového tranzistoru T<sub>2</sub>. Zátěží je regulovatelný výkonový drátový proměnný rezistor R, jehož odpor nastavíme podle požadovaného vybíjecího proudu. Kontakty re<sub>2</sub> relé spínají elektrické hodiny, které měří dobu vybití. Hodiny mohou být synchronní nebo síťové (kontakty re<sub>2</sub> v tomto případě spínají síť). Můžeme použít i nějaké elektrické hodiny na baterie, které jsou vždy po několika minutách natahovány motorkem nebo elektromagnetem. Tyto hodiny jsou obvykle napájeny monočlánkem. Podle obr. 41 monočlánek nahradíme kondenzátorem s velkou kapacitou na větší napětí. Náboj kondenzátoru spolehlivě dodá motorku nebo elektromagnetu potřebný impuls k natažení péra a kondenzátor přes dělič nabíjíme bez přetížení zdroje.

Vybíjecí proud zkoušeného akumulátoru nastavíme podle toho, jakým proudem aku-



Obr. 41. Zdroj k elektrickým hodinám



Obr. 40. Automatické vybití akumulátoru

mulátor obvykle zatěžujeme. Nezapomene-me předem nastavit přepínačem počet článků akumulátoru. Je třeba si uvědomit, že akumulátor v celku má takovou kapacitu, jako jeho nejhorší článek, tzn. bude-li z deseti článků jeden vadný, výsledek měření bude falešný. Vadný článek během vybití poznáme i tak, že bude mít podstatně menší napětí, než ostatní.

Vybitím se napětí akumulátoru zmenšuje, když se zmenší na 1 V na článek, komparátor mění stav na svém výstupu, relé odpadne, odpojí vybíjecí obvod, zastaví měření času, tedy nemůže dojít k hlubokému vybití baterie. Na hodinách zjistíme čas a tím i skutečnou kapacitu akumulátoru při daném vybíjecím proudu. Zařízení nemusíme hlídat, měření proběhne spolehlivě i v naší nepřítomnosti.

Dělič R<sub>1</sub> až R<sub>10</sub> imituje vybitý stav baterie tím, že přepínačem P<sub>1</sub> nastavíme na R<sub>11</sub> napětí 1,2 až 10 V, podle počtu článků akumulátoru. Dělič počítáme podle vzorce:

$$U = 15 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U(R_1 + R_2) = 15$$

$$UR_1 = 15R_2 - (UR_2)$$

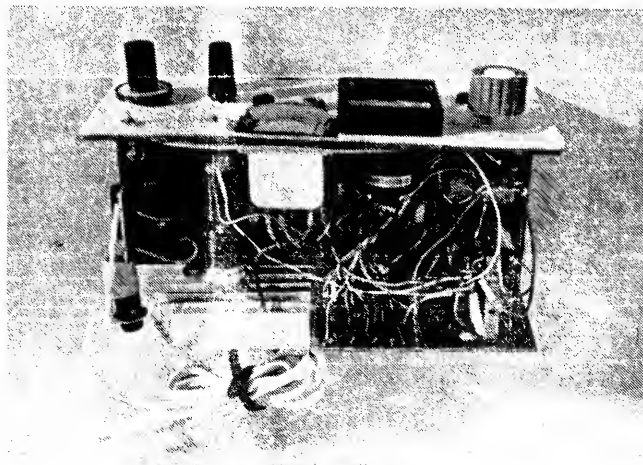
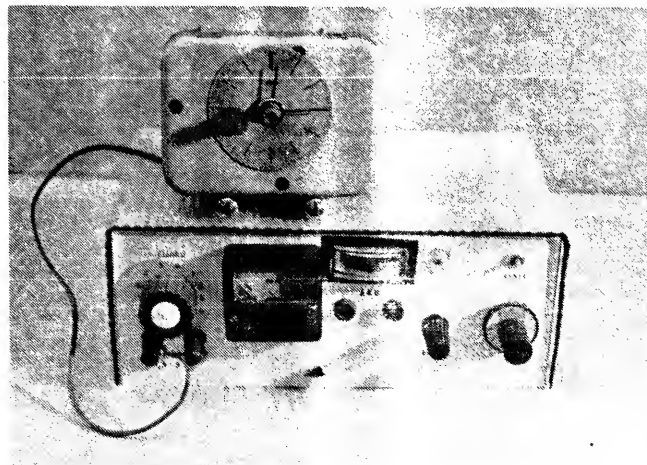
$$R_1 = \frac{102 - (R_2 U)}{U}$$

kde U je napětí na dolním členu děliče, 15 V je kladné napětí zdroje, R<sub>1</sub> je horní člen děliče (R<sub>1</sub> až R<sub>10</sub>) a R<sub>2</sub>/R<sub>11</sub> je dolní člen děliče.

Při napájecím napětí 15 V a odporu 6,8 kΩ rezistoru R<sub>11</sub> budou: R<sub>1</sub> – 95k2, R<sub>2</sub> – 44k2, R<sub>3</sub> – 27k2, R<sub>4</sub> – 18k7, R<sub>5</sub> – 13k6, R<sub>6</sub> – 10k2, R<sub>7</sub> – 7k77, R<sub>8</sub> – 5k95, R<sub>9</sub> – 4k53, R<sub>10</sub> – 3k4.

Dolní člen děliče R<sub>11</sub> zůstává tedy 6,8 kΩ. Protože na „nějakých milivoltech“ nezáleží, na přepínač můžeme připojit rezistory s přibližnými odpory, nebo trimry, které při napájecím napětí 15 V nastavíme tak, aby na rezistoru R<sub>11</sub> bylo napětí 1 až 10 V.

Ve vzorku se ukázalo výhodným, dát jednoduchý voltmetr paralelně ke zkoušenému akumulátoru pro neustálou kontrolu napětí. Spínací kontakty relé si zvolíme podle typu akumulátorů, aby snášely případné větší proudy. Ve vzorku bylo použito relé LUN se zesílenými kontakty. Pro měření proudu byl použit ampérmetr s rozsahem 2 A, ale ukázalo se, že malé proudy lze na měřidle špatně číst, tak bylo měřidlo vyměněno za měřidlo s rozsahem 500 mA. Tranzistor



montujeme na chladič, podle jeho zesílení možné bude třeba změnit i odpor potenciometru P (který použijeme drátový). Vybíjecí rezistor R byl použit regulovatelný posuvný typ TR 621 (až 624) – 15 W na keramickém tělese.

Zvláštní funkci má kontakt  $re_3$  a tlačítko T1. Bez nich, když se napětí článků zmenší na 1 V, se komparátor překlopí, relé odpadne, ale napětí na článku bez zatížení se zvětší nad 1 V, komparátor opět sepne relé, zatížením se napětí článku opět zmenší, relé znovu odpadne a tento děj se neustále opakuje a relé kmitá. Proto na začátku vybíjení přístroj nastartujeme tlačítkem T1, relé bude napájeno přes vlastní kontakty. Když se napětí článků zmenší, relé odpadne a zůstane v této poloze, i když se napětí nezatížených článků zvětší.

Hodiny – pokud jsou napájeny podle obr. 3 – zapojíme několik sekund po nastartování, aby kondenzátor C mohl být nabit bez zátěže.

Celé zařízení bylo umístěno na dvou deskách s plošnými spoji. Na jedné je zdroj, na druhé vybíjecí obvod. Celá konstrukce je závislá na použitých součástkách, velikosti relé, měřidel apod. Zařízení pro tento účel prodává fa Conrad za 125 DM (je zdokonaleno vestavěnými digitálními hodinami s displejem z tekutých krystalů, ale vybíjecí proud se dá regulovat jen ve skocích, a nikoli plynu).

## Infráčervený telefon

Tento námět je určen spíše těm, kdo rádi experimentují, než těm, kdo mají zájem o hotový výrobek pro určitou aplikaci. Jde o zdokonalenou verzi tak zvaného světelného pojítka, které se skládá z vysílače (svítilny se žárovkou, jejíž světlo je modulováno vstupním nízkofrekvenčním signálem) a přijímače (obvod fotočlánku, ovládací nízkofrekvenční zesilovač). Popisovaná zdokonalená verze se od standardního řešení liší především tím, že používá infráčervené světlo. Výstup vysílače neobsahuje složky viditelného spektra, a proto spojení mezi vysílačem a přijímačem je nenápadné. Nejde samozřejmě o žádnou převratnou novinku, podobné vojenské systémy jsou používány již nejméně dvacet let. Výhody tohoto spojení pro vojenskou oblast, jako je nenápadnost, odolnost proti rušení a odposlechu, mohou být zajímavé i pro soukromé uživatele.

Popisovaný systém dosahuje s jednoduchým optickým systémem spojení na nejméně 40 m. Dosah každého komunikačního systému používajícího k přenosu světelného záření závisí na použité optice, podobně jako dosah rádiového spojení závisí na použitých anténách. Nastavení optiky je velmi kritické. To je velmi nepříjemný aspekt infráčerveného spojení, ale právě tato směrovost umožňuje dosáhnout požadovaného dosahu a zajistit soukromý charakter spojení.

Funkce systému je v případě světelného telefonu omezena (setrvačností žárovky) na jednoduchý provoz AM. Infráčervený systém, který používá jako vysílací prvek diodu LED, může použít kmitočty až 50 kHz i vyšší, což umožní použít jednoduchou modulaci FM. To značně zjednoduší problémy s ruše-

ním světelnými zdroji, napájenými ze sítě, nebo jinými zdroji infráčerveného záření.

Na obr. 42 je blokové zapojení pojítka. Jednodušší je část vysílací, která nejprve zesílí signál z mikrofonu (efektivní napětí asi 1 mV). Proto je před modulátorem zařazen dvoustupňový zesilovač. Obvod nastavení zesílení umožňuje nastavit modulační úroveň. Používaný mikrofon je dynamický, o malé impedanci (300 až 600  $\Omega$ ). Bylo by samozřejmě možné přepínat reproduktor přijímače do funkce mikrofonu, jako je tomu u většiny levných systémů interkomů, ale vedlo by to ke značnému zhoršení „nízkofrekvenční“ kvality přenosu, proto je nutné dát přednost použití vhodného mikrofonu.

Jako **modulátor** se používá napětím řízený oscilátor, na jehož řídicí vstup je připojen nízkofrekvenční modulační signál. Výstupní kmitočet VCO, který byl použit, se na rozdíl od většiny typů zvětšuje se zmenšujícím se řídicím napětím, a zmenšuje se při jeho zvětšování. To však pro funkci systému nemá praktický význam. Výstupní signál VCO však nestačí budit infráčervenou diodu LED, ta je proto buzena koncovým stupněm s velmi malou výstupní impedancí.

V části **přijímače** se jako infráčervený detektor používá obyčejný fototranzistor. Ačkoli se fototranzistory běžně považují za vhodné pouze pro aplikace ve viditelném spektru, podobně jako většina opticky citlivých prvků mají vrchol charakteristiky v infráčervené části světelného spektra.

Protože výstupní signál detektoru má extrémně malou úroveň, spíše v oblasti mikrovoltů než milivoltů, je třeba před demodulátorem použít obvod s velkým zesílením. To zajišťuje laděný zesilovač a následující dva stupně širokopásmového zesílení. Laděný zesilovač nemá příliš selektivní charakteristiku, ale zajišťuje dostatečný útlum na nízkých kmitočtech, odpovídajících síťovému kmitočtu a ostatním zdrojům rušení. Zeslabení signálů vysokých kmitočtů pomáhá řešit otázku stability zesilovače.

Za zesilovačem následuje Schmittův klopný obvod, který dodává výstupní signál pravouhlého průběhu pro buzení demodulátoru. Když zesilovač dodává pouze šum pozadí, signál není dostatečný pro vybudení klopného obvodu a na výstupu tedy není žádný signál. To vede k podobnému jevu, jaký vykazuje obvod umlčovače šumu, takže úroveň šumu ve stavu bez signálu je malá.

Jako **demodulátor** se používá obvod s fázovým závěsem, který se skládá z fázového detektoru, dolní propusti a napětím řízeného oscilátoru (VCO). Obvod je zapojen tak, že fázový detektor přes dolní propust dodává kmitočtový rozdíl mezi vstupním signálem a výstupem VCO. To způsobí, že VCO je „zavěšen“ na stejném kmitočtu, jako má vstupní signál a je s ním ve fázi. V tomto případě nás však nezajímá výstupní signál VCO, ale řídicí napětí. To se zvětšuje a zmenšuje se změnami kmitočtu vstupního signálu a tím se tyto změny převádějí zpět na původní nízkofrekvenční signál.

Demodulovaný nízkofrekvenční signál se přes regulátor hlasitosti přivádí na vstup nízkofrekvenčního zesilovače, na jehož výstupu je zapojen reproduktor.

K **optické** části je třeba uvést, že i když většina optických součástek je opatřena vestavěnými čočkami, jsou pro provoz s dostatečným dosahem zcela nedostatečné. Stačí však použít jednoduchý optický systém, uvedený na obr. 43. Světelný výstup LED je zaostřen do úzkého svazku plankonvexní čočkou. Obrázek samozřejmě ukazuje poněkud idealizovanou situaci, v praxi bude mít svazek paprsků určitý rozptyl. To poněkud zmenší dosah systému, značně to však usnadní jeho nastavení. Druhá plankonvexní čočka v přijímači soustřeďuje záření z vysílače na fototranzistor. Vzdálenost mezi optickou součástkou a čočkou má být přibližně rovna ohniskové vzdálenosti, což bylo v popisovaném případě 80 mm. Na optické kvalitě použitých čoček příliš nezáleží.

Zapojení **vysílače** je na obr. 44. Tranzistor  $T_1$  pracuje jako mikrofonní předzesilovač v zapojení se společným emitorem. Výstup z  $T_1$  se přivádí přes potenciometr řízení zesílení  $P_1$  na druhý stupeň zesilovače,  $T_2$ . VCO je zapojen s obvodem 555 ( $IO_1$ ), který zajišťuje dobrou funkci při malých nákladech. Zapojení je standardní nestabilní multivibrátor s 555, jehož střední kmitočet je nastavitelný potenciometrem  $P_2$ . Potenciometr se nastavuje tak, aby byl vysílač naladěn na střed propustného pásma přijímače.

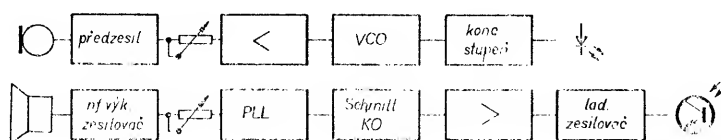
Bez modulace obvod kmitá v závislosti na nepřetržitě nabíjený časovací kondenzátor  $C_6$  na dvě třetiny napájecího napětí a následujícím jeho vybíjením na jednu třetinu napětí zdroje. Horní mezní napětí je možné měnit externím napětím, přivedeným na vývod 5, přičemž zvětšení mezního napětí způsobí, že nabíjení a vybíjení  $C_6$  trvá déle, což vede ke snížení provozního kmitočtu. Zmenšení mezního napětí vede k opačnému jevu. Tak se pouhým připojením nízkofrekvenčního signálu na vývod 5 obvodu  $IO_1$  dosahuje požadované kmitočtové modulace. Pro hovorové spojení se nepožadují kmitočty nad 3 kHz, pro pokles charakteristiky nad tímto kmitočtem se používá kondenzátor  $C_7$ . To vede k mírnému zlepšení poměru signálu k šumu.

$IO_1$  dává možnost použít dosti velký budící proud, koncový zesilovač však dovolí spolehlivější nastavení proudů LED. V tomto případě pracuje jako zesilovač tranzistor  $T_3$ , který je zapojen jako spínací se společným emitorem. Rezistor  $R_{10}$  nastavuje proud diodou LED nad 100 mA, střední proud LED je však jen asi 60 mA. Proudová spotřeba celého zapojení je o něco větší – kolem 80 mA. To dovoluje provoz z baterií, je však třeba baterii sestavit z článků o dostatečně velké kapacitě, nejlépe z akumulátorů NiCd.

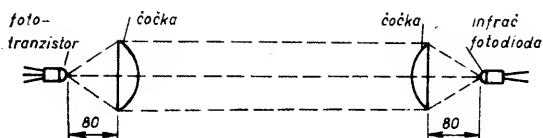
Zapojení **přijímače**, který je poněkud složitější než vysílač, je na obr. 45.  $T_4$  je fototranzistor, u kterého se využívá závislosti odporu přechodu mezi kolektorem a emitorem na světle. Všimněte si, že báze  $T_4$  není zapojena.

Laděný zesilovač s tranzistorem  $T_5$  používá laděný obvod, sestavený z  $L_1$  a  $C_{11}$ . Rezonanční kmitočet je pevně nastaven na přibližně 50 kHz. Výstup z  $T_5$  se přivádí na druhý zesilovací stupeň s tranzistorem  $T_6$ . Jeho vstupní impedance je poněkud zvětšena emitorovým rezistorem  $R_{16}$ , takže příliš nezátěžuje laděný obvod. Laděný obvod má i tak dosti širokou charakteristiku, což je důležité, protože zdvih nosné může být značný.  $T_7$  je zapojen jako třetí zesilovací stupeň, dioda  $D_2$  zabraňuje jeho přetížení při příjmu silného signálu.

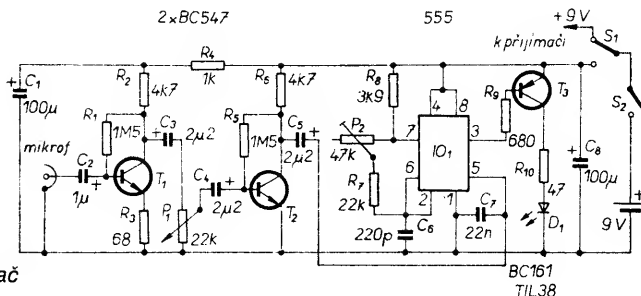
$IO_2$  pracuje jako Schmittův klopný obvod. Jeho oba vstupy jsou spojeny s výstupním napětím tranzistoru  $T_7$ , do cesty k invertujícímu vstupu je však zahrnut filtr ( $R_{19}$ ,  $C_{15}$ ). To způsobuje, že vysokofrekvenční výstupní signál z  $T_7$  se přivádí na neinvertující vstup, nedostává se však na invertující vstup. Na výstupu obvodu  $IO_2$  je tedy „ofiznutý“ vstup-



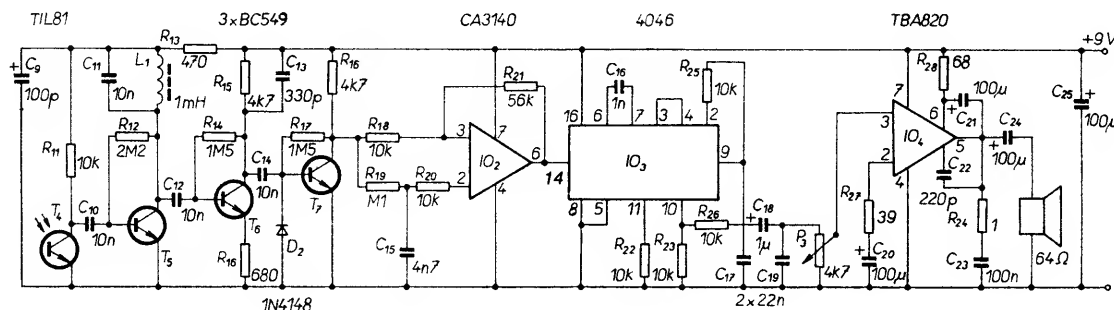
Obr. 42. Blokové zapojení infráčerveného pojítka



Obr. 43. Optický systém pojítka



Obr. 44. Optický vysílač



Obr. 45. Přijímač optického spoje

ní signál a  $R_1$  zavádí určitou hysterezi, což vede k tomu, že obvod pracuje jako jednoduchý omezovač šumu.

Demodulátor se smyčkou fázového závěsu je zapojen s obvodem  $IO_3$ , typu CMOS 4046. Jako časovací součásti ve VCO se používají  $C_{16}$  a  $R_{22}$ ,  $R_{25}$  a  $C_{17}$  se používají jako dolní propust. Demodulovaný nízkofrekvenční signál se odebrá z dolní propusti přes integrovaný oddělovací stupeň sledovače s diskretním zatěžovacím rezistorem  $R_{23}$ .  $R_{26}$  a  $C_{19}$  tvoří jednoduchou dolní propust, která přispívá ke zlepšení poměru signálu k šumu,  $P_3$  je potenciometr nastavení hlasitosti. Odtud se pak signál přivádí do jednoduchého výkonového zesilovače s  $IO_4$ , který odevzdává do reproduktoru výkon asi 100 mW, což je však pro tuto aplikaci dostačující.

Konstrukční provedení z elektrického hlediska není kritické, je však třeba uvědomit, že přijímač obsahuje zesilovač s velkým zesílením, a při rozmisťování součástek je tedy třeba zamezit vlivu zpětné rozptylové vazby a následné nestability. Mechanické provedení je poněkud složitější, protože je třeba respektovat zákony optiky. Prvky citlivé na světlo musí být umístěny v ohnisku čoček a při nastavování je třeba mít možnost nejen měnit vzdálenost prvků, ale posouvat je i do stran. Ideální by samozřejmě bylo, posouvat je mechanicky. Jednodušším řešením však je ponechat poněkud delší vývody, aby tak mohl být prvek opatrně nastaven do optimální polohy.

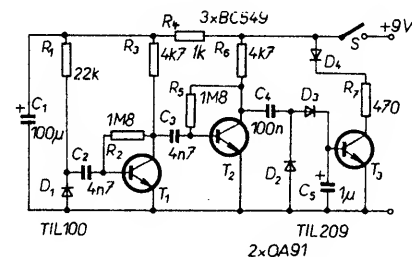
Nastavení přístroje se začíná při potenciometru  $P_2$  v obou přístrojích nastaveném do střední polohy. Protože však vysílač i přijímač jsou značně směrové, systém nebude téměř jistě pracovat, dokud nebude opticky nastaven s přiměřenou přesností. Obě jednotky je možné zhruba nastavit při pohledu na přední stěnu přístroje ze vzdálenosti asi jednoho metru, kdy má být viditelný zvětšený obraz citlivých prvků ve středu čoček, jinak je třeba upravit jejich polohu.

Pro elektrické nastavení přístroje je třeba jednotky nastavit vzájemně tak, aby nebyly optimálně zaměřeny, a dosáhlo se v obou přijímačích slabého signálu a malého poměru signálu k šumu v obou směrech. Potenciometr v obou přístrojích se pak nastaví tak, aby se dosáhlo nejmenší možné úrovně šumu v systému.

Optické nastavení jednocestného systému není příliš obtížné, protože přijímač

může být použit jako detektor signálu pro určení přesného směru paprsku z vysílače, takže je možné potřebně korigovat zaměření na cíl. Přijímač se umístí do paprsku vysílače a zaměří se na dosažení optimálního výsledku. U obousměrného systému je to poněkud složitější, protože nastavení jednoho přístroje na maximální příjem zhorší nastavení vysílací části přístroje.

Pravděpodobně nejjednodušší možností řešení je použití jednoduché zapojení podle obr. 46, které pracuje jako detektor paprsku



Obr. 46. Detektor pro indikaci

(LED  $D_4$  se rozsvítí, když se  $D_1$  dostane do infračerveného paprsku). To umožní přesně zaměřit každý z vysílačů na protější jednotku s minimálním experimentováním. Pak se nastaví optimální poloha fototranzistorů pro optimalizaci výsledků, nesmí se však při tom změnit poloha přístroje.

Uvedené zapojení je možné dále zlepšovat. Jednou z možností je používat k buzení signálu pravouhlého průběhu. To umožní používat velmi velký proud LED, při poměru šířky impulsu k mezere kolem 1 ku 10 však musí střední hodnota proudu diodou zůstat v rozsahu dovolené velikosti. Při tom se ovšem uplatní i některé nevýhody, jako například zmenšení výstupního signálu na základním kmitočtu a zvětšený výkon harmonických. Aby bylo možné plně využít výkonu krátkých impulsů, musí mít zesilovač v přijímači dostatečnou šířku pásma a místo laděného zesilovače tedy bude třeba použít zesilovač širokopásmový. Pro dosažení dobrých výsledků může mít také význam tvarování impulsů ve vztahu ke smyčce fázového závěsu, nebo použití monostabilního klopného obvodu.

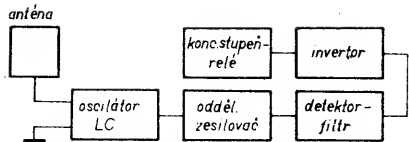
Pravděpodobně největší prostor pro experimentování je v oblasti optiky. Zřejmě je možnost použít před fototranzistorem infračervený filtr. To by vyloučilo šum, způsobovaný zdroji viditelného světla a značně zlepšilo výsledky, zvláště při provozu za mezích podmínek. Výkon vysílače a citlivost přijímače je možné zlepšit použitím čoček o delší ohniskové vzdálenosti a větším průměru. Při použití větší čočky v přijímači se může zvětšit plocha, na kterou je promítán paprsek. Pak může být dosaženo lepších výsledků použitím křemíkové fotodiody s větší citlivou plochou. Užitečným doplňkem přístroje by také byl optický zaměřovač, dovolující rychlé a snadné znovunastavení systému. S vhodným optickým systémem je možné dosáhnout spojení na několik set metrů.

Practical Electronics č. 9/1986

## Detektory přiblížení

V řadě elektronických aplikací se požaduje možnost zjistit přítomnost osoby nebo předmětu v určitém prostoru. Není to jen u zabezpečovacích zařízení, ale i u systémů automatického rozsvěcování, automatického vypnutí stroje, v oblasti fotografování atd. Možností řešení tohoto problému je zatím celá řada, některé jsou však dosti zastaralé, jiné vyžadují využití vyspělé elektroniky, což bývá mimo „akční rádius“ elektronických fandů. Přesto však zbývá řada systémů, které nás mohou zajímat.

Jedním z nejstarších systémů je systém, jehož blokové schéma je na obr. 47, který se používal například pro reklamní účely (rozsvícení výlohy obchodu). Jádrem tohoto zapojení je oscilátor LC, vybavený možností přesně řídit kladnou zpětnou vazbu. Stupeň zpětné vazby se nastaví tak, aby se právě jen udržely oscilace obvodu. Vlivem přiblížení osoby nebo předmětu pak oscilace vysadí, což se využije pro příslušnou operaci nebo indikaci. Jeden konec laděného obvodu musí být spojen se zemí. To neznamená spojení se zemním vodičem detektoru, ale skutečné uzemnění. U síťových zařízení stačí spojení s nulovým kolíkem. U bateriového



napájení je třeba použít podobné zemnění, jak je známe například z techniky příjmu na krátkých vlnách. Pokud není ani to možné, lze použít i náhradní nebo uměléou „zem“ ale o tom až později. Jako čidlo se používá anténa, připojená k živému konci laděného obvodu. Může to být kus drátu, podle zkušenosti se však dosahuje daleko lepší citlivosti s použitím vodivé plochy (plech nebo fólie). Přístroj v takovém uspořádání pracuje spolehlivě, i když jen na dosti omezenou vzdálenost. Dá se předpokládat, že existuje více názorů na to, co se stane při přiblížení osoby těsně k anténě, ale všeobecně přijímané vysvětlení předpokládá, že se zvětší kapacita mezi anténou a zemí a to proto, že tělo osoby je uzemněno (nebo působí jako „minizem“). Tím se mírně zatlumí laděný obvod, takže nastavená úroveň zpětné vazby již nestačí pro udržení oscilací. Zbytek zapojení jen zajišťuje převod stavu „vysazení oscilací“ na sepnutí relé.

Výstupní signál oscilátoru se nejprve přivádí do oddělovacího zesilovače. Pro dosažení rozumné úrovně citlivosti systému je velmi důležité, aby oscilátor byl jen velmi málo zatěžován. Výstupní signál z oddělovacího zesilovače se přivádí na detektor a filtr a v klidovém stavu jde o kladné napětí. Když však oscilace vysadí, výstupní signál se rychle zmenší na nulu. Následující invertor/zesilovač invertuje vstupní signál, takže výstupní signál je v klidovém stavu v nule a přechází do kladné velikosti při aktivaci zařízení. Podle požadovaného jevu se pak používají spínací nebo rozpínací kontakty relé.

Zapojení detektoru tohoto typu je na obr. 48. Jak je zřejmé, tento typ detektoru může

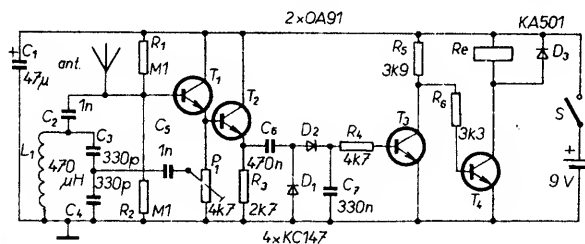
Další emitorový sledovač s  $T_2$  pracuje jako oddělovací zesilovač. Výstupní signál z  $T_2$  se přivádí přes  $C_6$  na standardní usměrňovač s diodami  $D_1$  a  $D_2$  a filtr. Oscilátor pracuje na kmitočtu několika stovek kHz a poměrně malé kapacity kondenzátorů  $C_6$  a  $C_7$  jsou více než dostatečné.  $T_3$  pracuje jako inverter/zesilovač; tento jednoduchý spínač se společným emitorem je za normálních okolností sepnut, vypíná se však při přerušení oscilací. Jeho kolektorové napětí se pak zvětší až na úroveň téměř plného kladného napájecího napětí. Transistor  $T_4$  je spínačem relé. Spíná při vypnutí  $T_3$ , protože relé tvoří jeho kolektorovou zátěž. Dioda  $D_3$  je běžně používaná ochranná dioda, potlačující záporné špičky napětí, vznikající při vypnutí proudu v cívice relé.

Dosažené výsledky ukazují, že i když je indukčnost cívky  $L_2$  specifikována na 470  $\mu\text{H}$ , lze použít cívku s libovolnou indukčností v rozmezí od 220  $\mu\text{H}$  do 2,2 mH při zhruba stejných výsledcích. Cívka nemusí mít velkou jakost  $Q$ , je možné použít i vřetumivku. Potenciometer  $P_1$  musí být nastaven velice přesně, proto je nutné použít několikaotáčkový trimr. Běžný potenciometer by totiž nemusel mít dostatečnou rozlišovací schopnost pro uspokojivou funkci. Relé je libovolné pro 6 V, odpor cívky má asi 200  $\Omega$  nebo více. Jeho kontakty musí odpovídat předpokládané aplikaci.

I když je možné napájet systém z baterie, při seriózních aplikacích se doporučuje dobrou stabilizovaný síťový zdroj. Větší změny napájecího napětí totiž mohou vyřadit přístroj z činnosti, nebo způsobit falešný poplach. Proudová spotřeba v klidovém stavu je kolem 5 mA, při aktivaci relé dosahuje až 30 mA (podle odporu cívky relé).

Při napájení přístroje ze sítě se předpokládá, že záporný pól zdroje se připojí k zemnímu vodiči sítě a bude také zemí pro laděný obvod. Obvod je možné používat i bez „země“, ale jeho chování pak bude poněkud nepředvídatelné, obecně se tím zmenší citlivost. Často lze dosáhnout dobrých výsledků použitím „umělé“ země, může to být prostě jen kovová deska pod přístrojem.

Jako anténu je možné použít kus drátu, pak však i po pečlivém nastavení  $P_1$  bude



Obr. 48. Detektor přiblížení

být velmi jednoduchý a nevyžaduje použití nákladné součástky. Oscilátor používá jako laděný obvod cívku  $L_1$  se sériovými kondenzátory  $C_3$  a  $C_4$ . Transistor  $T_1$  pracuje jako emitorový sledovač a laděný obvod je připojen k jeho bázi kondenzátorem  $C_2$ . Výstup zesilovače je spojen s odbočkou kapacitního děliče kondenzátorem  $C_5$ . Emitorový sledovač má obecně napěťové zesílení o něco menší než jedna. Na laděném obvodu se však při rozkmitání oscilátoru poněkud zvětší napětí a emitorový sledovač zajišťuje dostatečný proudový zisk. To dovoluje intenzivní oscilace. Na výstupu zesilovače je zapojen potenciometr  $P_1$  jako proměnný attenuátor. V praxi se nastavuje tak, aby se právě ještě udržely oscilace.

ztěží dosaženo dosahu většího, než několika milimetrů. Daleko lepších výsledků je možné dosáhnout s použitím vodivé plochy, jako je hliníková fólie nebo deska plátovaného laminátu. Dobré výsledky dává plocha o rozměrech 300 × 150 mm nebo větší. Anténa musí být samozřejmě dobře izolovaná od země.

Tento typ detektoru přibližně je typickým zařízením s krátkým dosahem. Autor dosáhl největšího dosahu kolem 400 mm. I to však vyžaduje dosti velkou anténu a pečlivé nastavení  $P_1$ . Tento typ detektoru může být například použit pro zjištění osoby za oknem nebo za dveřmi, tedy dřívě, než vnikne do střeženého prostoru.

Dopplerova principu pro detekci pohybu, může být ovšem použit na „radarovém“ principu odrazu, nebo podobně jako infračervené záření na principu přerušení paprsku. Aplikace s využitím odrazu je zajímavá pro malé a střední dosah. I když má obecně menší dosah než detektor Dopplerova typu, má v určitých aplikacích některé výhody.

Pravděpodobně největším nedostatkem ultrazvukového Dopplerova detektoru je to, že je v některých ohledech příliš citlivý. Ve skutečnosti indikuje ne přítomnost objektu, ale jeho pohyb. Tato poplachová zařízení, jak se zdá, mohou detekovat zcela malé objekty, jako třeba mýry a další druhy hmyzu, které vletnou do chráněného prostoru. Detektor radarového typu detekuje vlny, které jsou odraženy zpět směrem k přijímači, a malé objekty prostě neodrazí dostatečně množství energie, které by mohlo být detekováno, zvláště na větší vzdálenosti. To vede k daleko větší spolehlivosti na úkor menšího dosahu a menší chráněné oblasti.

Zvláštní přednosti vykazuje ultrazvukový radar proti typu s Dopplerovým posuvem při použití v exteriéru. Kdo se pokusil použít detektor Dopplera typu v exteriéru, zná velmi dobře problémy, které se vyskytují. Falešné poplachy může způsobit nejen létající hmyz, ale také turbulence vzduchu působená větrem. A také padající kroupy, déšť, snh i poletující listi. Ani detektor radarového typu není zcela imunní proti těmto vlivům, obecně se však zdá, že je odolnější.

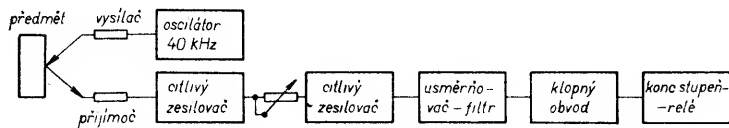
Ultrazukový radar pracuje nejlépe v exteriéru, kde není příliš mnoho předmětů, které by v klidových podmínkách odražely ultrazukové vlny. V interiérech je řada předmětů, způsobující odrazy, jako nábytek, stěny, strop atd. Nejde o to, že by systém v interiéru nepracoval, spíše jde o omezení dosahu. Citlivost systému musí být zmenšena tak, aby nenastával trvalý poplach.

Pro realizaci ultrazvukového detektoru radarového typu není třeba používat nic zvlášť složitého, jak je zřejmé z blokového schématu na obr. 49. Oscilátor 40 kHz budí standardní piezokeramický měnič, používaný v ultrazvukových systémech dálkového ovládání. Tak je vysílán nepřetržitý ultrazvukový signál a v přítomnosti vhodného objektu se určitá část tohoto signálu odráží zpět na ultrazvukový mikrofon. Tím je opět standardní ultrazvukový měnič, určený pro dálkové ovládání.

Ultrazvukové dálkové ovládání má obvykle dosah 12 až 15 m, tak velkého dosahu však není možné tímto zapojením dosáhnout. V systému dálkového ovládání totiž signál pracuje pouze mezi místem vysílání a místem příjmu, v popisovaném systému se však po odrazu musí vrátit zpět do místa vysílání. To znamená, že i při odrazu se 100% účinností se dosáhne jen polovičního dosahu, a to je v praxi nutné počítat s tím, že značná část signálu bude absorbována. Je tedy pravděpodobně nutné počítat s dosahem kolem čtyř až pěti metrů (při vhodném objektu). To v řadě aplikací stačí, v přijímači je však nutné použít velké zesílení. V popisované konstrukci je napěťové zesílení asi 90 dB, zajišťuje je dvoustupňový zesilovač. Důležitá je regulace mezi oběma stupni, protože pro dosažení dobrého dosahu je nutné použít co největší zesílení, které však nesmí dosáhnout bodu, za kterým při normální úrovni odrazů přístroj zůstává trvale v aktivovaném stavu.

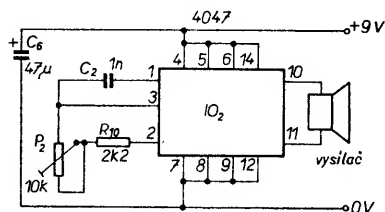
Výstupní signál druhého zesilovacího stupně se přivádí na usměrňovač a filtr. Získaný kladný stejnosměrný signál se přivádí na vstup klopného obvodu, na jehož výstupu je velké kladné napětí, když výstupní napětí filtru překročí určitou mezní úroveň. Výstupní signál klopného obvodu spíná pomocí jednoduchého spínacího obvodu relé.





Obr. 49. Blokové zapojení ultrazvukového „radaru“

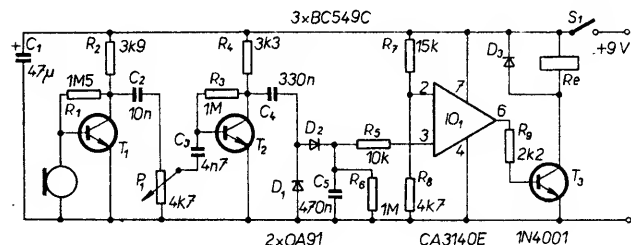
Schéma zapojení vysílače a přijímače je na obr. 50 a 51. Vysílač používá obvod CMOS 4047, který je zapojen v astabilním kmitajícím režimu. Jeho výstupy Q a  $\bar{Q}$  budí ultrazvukový měnič signály v protifázi, čímž se dosahuje většího výstupního napětí. Potenciometrem  $P_2$  je možné nastavit kmitočet výstupního signálu na optimální účinnost ultrazvukového měniče.



Obr. 50. Ultrazvukový vysílač

Popisovaný přístroj je dokladem univerzálnosti využívání počítačů. Je určen pro použití s počítači typu Commodore 64, VIC-20 a BBC model B, případně dalšími, u nichž má uživatel přístup k portu B adapteru interfejsu 6522 VIA (versatile interface adaptor) nebo 6526 CIA (complex interface adaptor). Počítač se využívá přímo jako generátoru napájecího signálu ultrazvukového měniče vysílače, a to na základě možnosti dělit hodinový kmitočet celým číslem v rozsahu od 1 do 65535. Poměr dělení se určuje zápisem hodnot do dvou osmibitových čítačů/registrů.

Blokové schéma systému je na obr. 52. Ukazuje, že vysílací část je založena pouze na využití počítače, vlastní detektor poměrně jednoduše zpracuje přijímané signály, které pak předává k vyhodnocení a zajištění dalších požadovaných poplachových funkcí opět počítači. Výstupní signál přijímači měniče je malý, proto následují dva zesilovací stupně se ziskem 40 dB (každý). Pak se



Obr. 51. Ultrazvukový přijímač

Na vstupu přijímače jsou dva zesilovací stupně, mezi kterými je zapojen potenciometr  $P_1$  pro nastavení zesílení. Výstupní signál tranzistoru  $T_2$  se přivádí na běžný usměrňovač a filtr. Operační zesilovač  $IO_1$  je zapojen jako komparátor. Rezistory  $R_7$  a  $R_8$  nastavují referenční napětí na invertujícím vstupu na něco málo přes 2 V. Když se toto napětí překročí, výstupní napětí se mění na kladné. Tranzistor  $T_3$  pak sepne relé.

Při realizaci je třeba brát v úvahu poměrně velké napětové zesílení a velkou šířku pásma zesilovače v přijímači. Kromě toho jsou výstupní a vstupní signály zesilovače ve fázi. Rozmístění součástek tedy musí zajistit minimální vazbu mezi vstupem a výstupem zesilovače. Oba ultrazvukové měniče jsou upevněny s odstupem 75 až 100 mm, přímé vazby mezi vysílačem a přijímačem není třeba se zvlášť obávat s ohledem na jejich výrazné směrovou charakteristiku.

Potenciometr  $P_2$  je třeba nastavit na dobrou účinnost systému, měření napětí na  $C_5$  je jednoduchým, ale účinným způsobem měření intenzity přijímaného signálu. Pak stačí nastavit  $P_2$  na maximální napětí při potenciometru  $P_1$  nastaveném na „rozumnou“ velikost napětí (vyhovující je 0,5 až 3 V). Zařízení se umísťuje tak, aby měniče směřovaly do poměrně otevřeného prostoru. Při umístění asi metr nad podlahou a zaměření do prázdného prostoru je možné detekovat osobu na vzdálenost několika metrů. Pro optimální výsledky je třeba potenciometr  $P_1$  nastavit těsně před bod aktivace detektoru.

(Practical Electronics 8/1988)



Ultrazvukový detektor pohybu s využitím Dopplerova principu může být zkonstruován také pro používání nebo využití počítače.

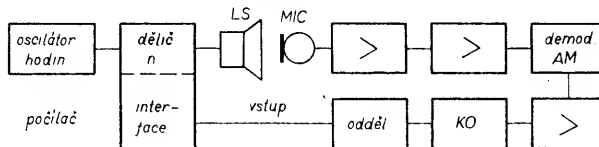
aplikaci. Při využití ve funkci poplachového zařízení může počítač generovat poplachový signál při aktivování zařízení, nebo může zapnout relé, spouštějící sirénu. V navrhovaném přístroji nebylo třeba používat obvody časového zpoždění při příchodu a odchodu obsluhy, protože tato zpoždění je možné jednoduše realizovat v programu, kam je možné zahrnout i další zdokonalení, k omezení nebezpečí falešných programů je možné spustit zvukový signál jen tehdy, bude-li např. systém reagovat čtyřikrát v průběhu pěti sekund.

Funkci zapojení je možné popsat podle schématu na obr. 53. Měnič LS vysílače je napájen z příslušného vývodu uživatelského portu. Měnič MIC přijímače je podobně jako měnič vysílače piezoelektrický. Vysílací a přijímací měniče bývají často stejné. MIC je připojen přímo do báze  $T_4$ , který pracuje jako zesilovač s velkým zesílením. Výstupní signál se přivádí vazebním kondenzátorem  $C_9$  na vstup následujícího stejného zesilovače.

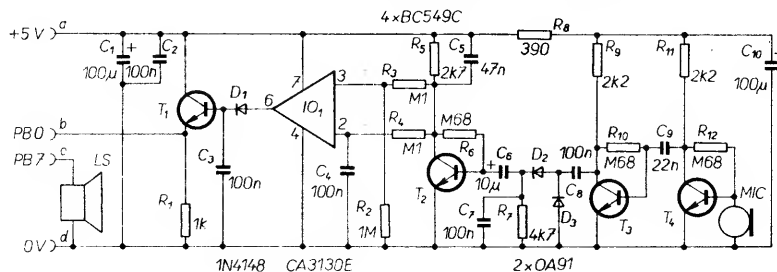
Přes kondenzátor  $C_8$  se přivádí výstupní signál  $T_3$  na konvenční detektor AM, jehož výstupní signál se pak zesiluje třetím zesilovačem s  $T_2$ . Kondenzátor  $C_5$  silně zeslabuje signály středních a vyšších nízkofrekvenčních kmitočtů, to však nezmenšuje citlivost zařízení, protože výstup detektoru tyto kmitočty neobsahuje. Filtrace dolní propustí (pomocí  $C_5$ ) přispívá k zamezení případné nestability a možnému rušení počítačem.

$IO_1$  pracuje jako napěťový komparátor. Invertující vstup je připojen ke klidovému napětí na kolektoru  $T_2$  přes rezistor  $R_4$ ,  $C_4$  filtruje všechny krátkodobé změny tohoto napětí. Neinvertující vstup je také napájen z kolektoru  $T_2$ , ale přes napěťový dělič  $R_2$ ,  $R_3$ . Proto je na neinvertujícím vstupu menší napětí než na invertujícím, na výstupu  $IO_1$  je tedy v klidovém stavu nulové napětí.

Při aktivování přístroje se stav změní, protože se díky filtraci udržuje na invertujícím vstupu téměř konstantní napětí. Napětí na neinvertujícím vstupu se mění v souladu s modulačním signálem, při kladných špičkách bude větší než napětí na invertujícím vstupu, což způsobí kladné impulsy na výstupu. Tyto impulsy rychle nabíjejí  $C_3$ , protože vnitřní impedance jejich zdroje je poměrně malá. Naproti tomu se  $C_3$  vybíjí pouze přes poměrně velkou impedanci báze obvodu tranzistoru  $T_1$ . Tím se impulsy integrují a vzniká signál, způsobující aktivaci přístroje. Tranzistor  $T_1$  je zapojen jako emitorový sledovač (pracuje jako oddělovací zesilovač). Celé zapojení vyžaduje napájení 5 V a má spotřebu pouze 5 mA. Pro napájení je možné použít uživatelský port počítače.



Obr. 52. Blokové zapojení detektoru pro počítač



Obr. 53. Detektor pro počítač

Zkoušení a používání závisí na typu použitého počítače. Z registrů uživatelského portu se v této aplikaci používá pomocný řídicí registr, dva osmibitové čítače, časovač, registr směru dat a periferní registr. Registr směru dat se používá pro nastavení datových vedení PB0 až PB7 jako vstupů nebo jako výstupů. PB7 budi měnič vysílače a musí tedy být nastaveno jako výstup, PB0 však musí být nastaveno jako vstup pro sledování výstupu čidla. Nastavení bitu registru směru dat na 1 označuje příslušné vedení jako výstup, 0 pak určuje vstup. (Hodnota 128 nastaví PB7 jako výstup, ostatní jako vstupy.) Časovač je řízen dvěma nejvýznamnějšími bity pomocného řídicího registru. Ty musí být oba nastaveny na 1, aby výstup PB7 byl v režimu astabilních kmitů (hodnota 128).

Pro počítač Commodore 64, který přichází v našich podmínkách nejčastěji v úvahu, uvádíme adresy registrů uživatelského portu:

periferní	56577
směr dat	56579
čítač B (nižší byte)	56582
čítač B (vyšší byte)	56583
řízení B	56591

Registr řízení B zhruba odpovídá pomocnému řídicímu registru u ostatních počítačů. Bit 0 řídicího registru B se nastaví do log. 1 pro aktivování časovače B, bit 1 se nastaví do log. 1 pro aktivování výstupu na PB7 (a automaticky nastavuje PB7 jako výstup) a bit 2 se nastaví do log. 1 pro dosažení pravouhého výstupního signálu, jinak by byl signál impulsní. Bit 3 se nastaví do log. 0 pro trvalou funkci, jinak by byla jednorázová a bit 4 se nastaví do log. 1 pro naplnění časovače. Bity 5 a 6 se nastaví do log. 0 pro uvedení časovače B do režimu, ve kterém přijímá vstupní signál ze systémových hodin, bit 7 je v tomto případě neplatný. To dává pro zápis do řídicího registru celkovou hodnotu 23. Zkušební program pro počítač Commodore pak vypadá takto:

```
10 POKE 56582,13
20 POKE 56583,0
30 POKE 56591,23
40 PRINT PEEK (56577) AND 1
50 GOTO 40
```

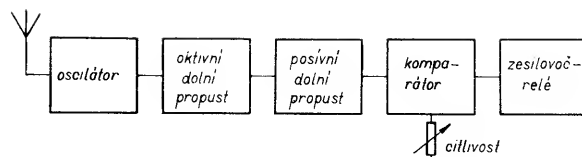
Practical Electronics 2/1986



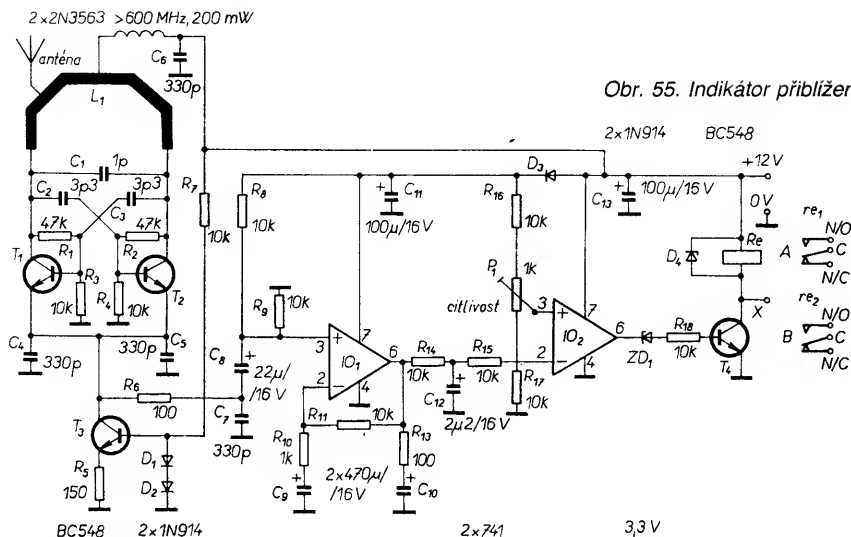
Kdo nemá počítač a chtěl by přesto vyzkoušet zajímavé zařízení s poměrně velkým dosahem, vhodné pro použití v místnostech i volném terénu, má také možnost. Zařízení je založeno na tom, že kolem antény oscilátoru v pásmu UHF vzniká elektromagnetické pole, které se vstupem osoby poruší, protože tělo absorbuje část energie pole. Spotřebuje se tedy určitá energie navíc a protože je anténa připojena přímo k oscilátoru, změní se pracovní podmínky oscilátoru a také proud, který je odebírán ze zdroje. A právě tato změna se detekuje a používá pro sepnutí relé.

V reálných podmínkách je elektromagnetické pole vytvořené anténou velmi složité, zvláště při použití v interiéru. Při pohybu osoby v tomto poli se absorpce zvětšuje a zmenšuje v závislosti na změně polohy ve vzdálenosti, odpovídající čtvrtinám kmitočtu oscilátoru. Při pohybu osoby v elektromagnetickém poli v kmitočtovém pásmu 500 MHz je délka čtvrtiny pouze 15 cm.

Blokové schéma přístroje je na obr. 54. Změny proudu oscilátoru jsou nejprve zpracovány aktivní dolní propustí, která nemá



Obr. 54. Blokové schéma indikátoru



Obr. 55. Indikátor přiblížení

žádné zesílení pro ss složku a značné zesílení do několika Hz, které se pak zmenšuje. Pak následuje pasivní dolní propust, zlepšující potlačení síťového brumu 50 Hz. Dále pak obvod komparátoru sleduje, jestli změny pracovních podmínek oscilátoru překročí určitou úroveň, která se nastavuje ovládacím členem „citlivost“. Když změny překročí nastavenou úroveň, sepnou relé. Mezi citlivostí je možné nastavit buď tak, aby byl zjištěn pohyb ve větší vzdálenosti, nebo tak, aby byl registrován pohyb jen v těsné blízkosti.

Obvod (obr. 55) je poměrně jednoduchý a nevyžaduje použití speciální součástky. Tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  tvoří dvojitý oscilátor na kmitočtu kolem 470 MHz. Rezonanční obvod  $L_1$ ,  $C_1$  je zapojen mezi oba kolektory. Celková spotřeba je 40 až 50 mW, výstupní výkon je pravděpodobně menší než polovina tohoto údaje. Je to tedy velmi malý výkon, přesto je možné v interiéru zjistit pohyb v dosahu kolem 10 m.

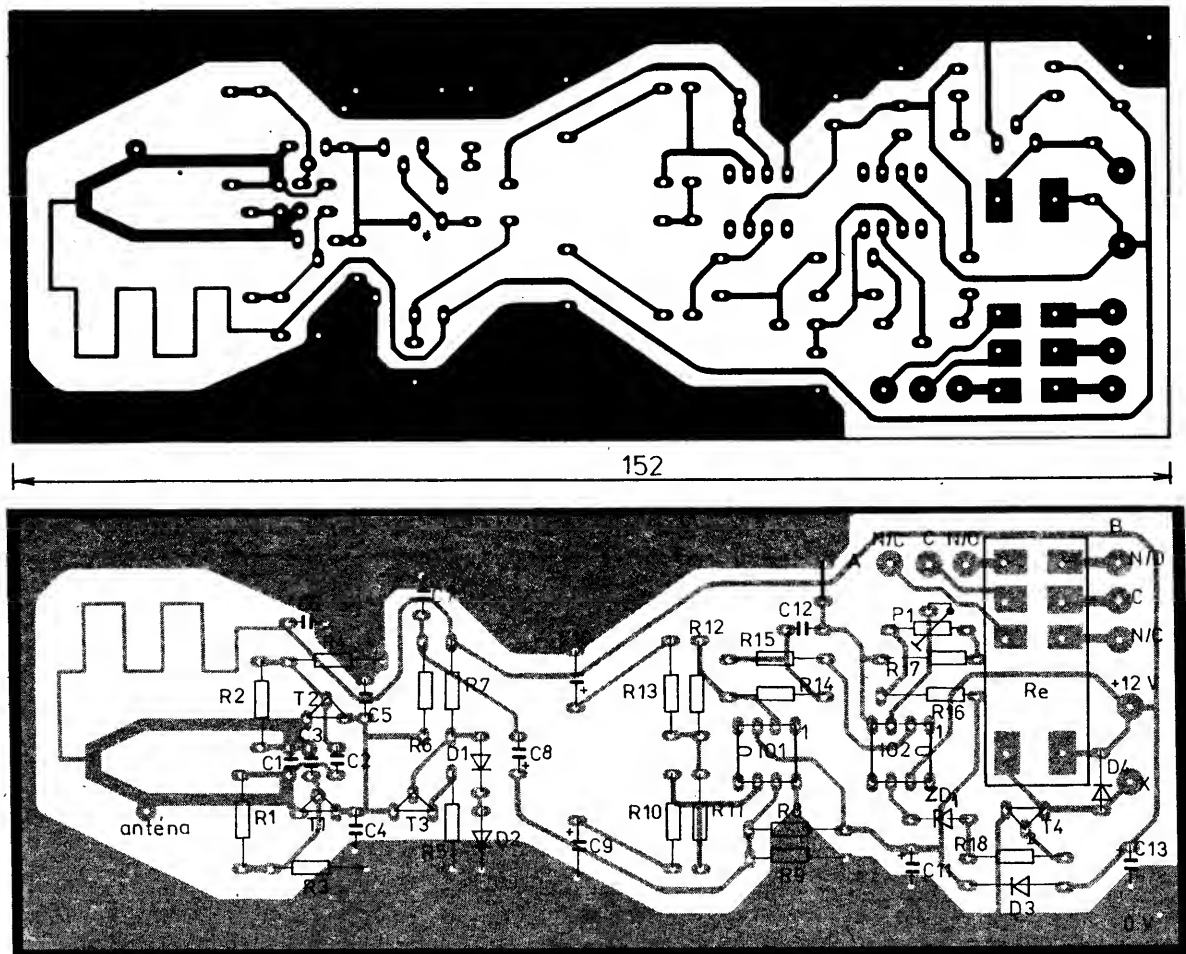
Laděný obvod je realizován na desce s plošnými spoji podobně, jak je to běžné v TV technice. Emitory  $T_1$  a  $T_2$  jsou spojeny a napájeny ze zdroje konstantního proudu, sestaveného z  $T_3$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $R_5$  a  $R_7$ . Diody  $D_1$  a  $D_2$  zajišťují pevné předpětí pro bázi  $T_3$  asi 1,4 V. Jsou napájeny proudem, přiváděným z napájecí sběrnice +12 V přes rezistor  $R_7$ . Protože napětí báze-emitor  $T_3$  je asi 0,65 V, na rezistoru  $R_5$  je napětí kolem 0,75 V, což vede ke kolektorovému proudu přibližně 5 mA. Kladné napětí se do obvodu oscilátoru přivádí přes „cívku“, vyleptanou na desce s plošnými spoji. Přívod je blokovan kondenzátorem  $C_6$ , emitory  $T_1$  a  $T_2$  jsou blokovány kondenzátory  $C_4$  a  $C_5$ . Anténa může být připojena k laděnému obvodu podél jednoho z ramen  $L_1$ . To může být vhodné pro nastavení požadovaného dosahu.

Při vstupu osoby do pole oscilátoru se změni pracovní podmínky oscilátoru. Protože proud je konstantní, změni se napětí na kolektoru  $T_3$  a tím i napětí mezi kolektorem a emitorem  $T_1$  a  $T_2$ . Toto napětí se při pohybu osoby zvětšuje a zmenšuje. Když je osoba poměrně vzdálena, tento jev je nevýrazný, při větší blízkosti je podstatně výraznější. Změna napětí na kolektoru  $T_3$  je kapacitně vázána na neinvertující vstup operačního zesilovače  $IO_1$  kondenzátorem  $C_8$ ;  $R_6$ ,  $C_7$  zajišťují filtraci. Tento obvod pracuje jako aktivní filtr. Aby nebylo nutné používat pro

napájení kladné a záporné napětí, rezistory  $R_8$  a  $R_9$  udržují napětí neinvertujícího vstupu  $IO_1$  na polovině napájecího napětí. Obvod zpětné vazby tvoří  $R_{10}$ ,  $R_{11}$ ,  $R_{12}$  a  $C_9$ ,  $C_{10}$ . Výstup tohoto obvodu se přivádí přes pasivní dolní propust  $R_{14}$ ,  $C_{12}$  na komparátor  $IO_2$ . Ovládacím prvkem pro nastavení citlivosti,  $P_1$ , se na neinvertujícím vstupu nastaví ss napětí v rozsahu 5,7 až 6,3 V. Když se signál na invertující vstupu zmenší pod úroveň, přednastavenou na neinvertujícím vstupu, výstupní napětí  $IO_2$  se zvětší z nuly na velikost přibližně napájecího napětí. Tím se otevře  $T_4$  a jeho kolektorový proud sepnou relé.

Zenerova dioda mezi výstupem  $IO_2$  a bází  $T_4$  zajišťuje, aby v klidových podmínkách nebylo relé stále sepnuto. Dioda  $D_3$  brání falešnému spínání, které by mohlo být způsobeno zmenšením napájecího napětí při sepnutí relé.

Konstrukce tohoto projektu je snadná s použitím desky s plošnými spoji (obr. 56), přesto je však třeba upozornit na některé zásady. Všechny součásti oscilátoru musí být „usazeny“ těsně na desku, aby jejich vývody měly minimální délku. Po pečlivém zapájení všech součástek a propojek hotovou desku zkontrolujte. Před zkouškou funkce nechte stabilizovat pracovní režim obvodu po dobu nejméně jedné minuty. Pak zkuste pohybem ruky v blízkosti antény dosáhnout sepnutí relé. Pokud se zapojení nechová podle očekávání, zkontrolujte nejprve přívod napájecího napětí, pak napájecí napětí obou IO (vývody 4 a 7). Kontrolujte napětí na  $R_5$  (0,65 až 0,75 V). Pokud při tom zjistíte závady, vypněte zdroj a najdete chybu. Když je napájecí napětí  $IO_2$  v pořádku, ale chybí na  $IO_1$ , zkontrolujte polaritu diody  $D_3$ . Teprve po ověření základní funkce uložte přístroj do plastické skříňky a umístěte na vhodné místo (v místnosti například vysoko na stěně, na stropě, uprostřed místnosti, nebo v blízkosti dveří). Anténa může být teleskopická, změnou její délky je možné ovlivnit citlivost zařízení. Doporučuji začít s anténou délkou kolem 15 cm, pečlivě nastavit potenciometr citlivosti tak, aby relé sepnulo a pak jej mírně vrátit tak, aby relé odpadlo. Ověřte citlivost, případně dosah, a pokud nestačí, opakujte tento postup s delší anténou. Obecně platí, že s delší anténou je možné dosáhnout větší citlivosti. Tak s anté-



Obr. 56. Deska s plošnými spoji X240 pro indikátor přiblížení

nou o délce kolem 40 cm bylo možné ve velké místnosti zjistit pohyb na vzdálenost 10 metrů.

*Australian Electronics Monthly prosinec 1988*

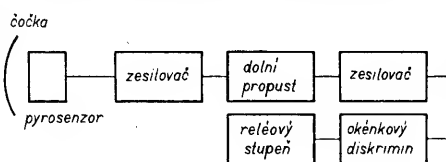


Proti dosud popsaným systémům detektorů přiblížení nebo pohybu mohou existovat určité námitky, ať se již týkají toho, že je lze jednoduše „odhalit“, nebo i případného rušení v nejbližším okolí. Moderní technika však nabízí zcela pasivní systém ochrany, který lze jen velmi obtížně odhalit. Je založen na pasivním infračerveném detektoru, registrujícím změny teploty v chráněném prostoru, způsobené pohybující se tělem osoby. Bohužel jejich realizace vyžaduje použití některých součástek (vlastní detektor a speciální čočky), které jsou zahraničního původu a nejsou u nás běžně k dispozici.

Detektory jsou vyrobeny z plátku speciálního keramického materiálu, opatřeného elektrodami na obou stranách. Efekt, na kterém jsou založeny, připomíná piezoelektrický efekt, používaný u krystalových mikrofonů a přenosů, ale napětí, které vzniká na elektrodách, není vyvoláno mechanickým ohybem materiálu, ale vlivem teploty. Plátek nebo čip z keramického materiálu je velmi tenký, aby se dosáhlo rozumné časové odezvy, ale to v tomto případě znamená pokles horního mezního kmitočtu –6 dB někde v oblasti 3 Hz! Výstupní impedance je velmi velká a prakticky používané prvky se dodávají s vestavěným oddělovacím zesilovačem, používajícím sledovač se společnou řídicí elektrodou. Vstupní rezistor tohoto zesilovače odvádí náboj vznikající na vlastním čidle, a to omezuje dolní mezní kmitočet (typicky na 0,2 Hz při poklesu –6 dB).

Vzhledem k této velmi omezené šířce pásma nemohou tyto „pyrosenzory“ spolehlivě detekovat statický infračervený zdroj a musí proto být používány v nějaké formě detektoru pohybu.

Blokové schéma takového zařízení je na obr. 57. Pyrosenzor se používá s nějakou čočkou, která je obvykle Fresnerova typu, a rozděluje sledovanou oblast do střídaných



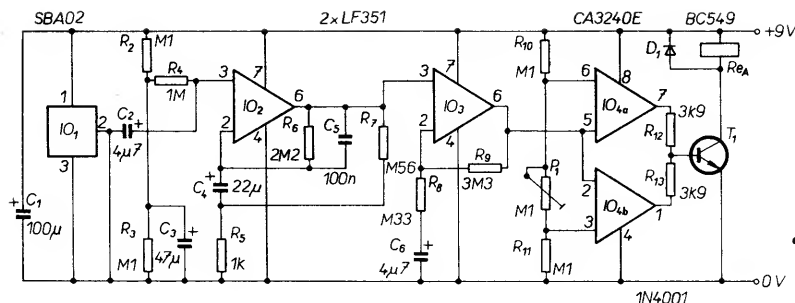
Obr. 57. Blokové schéma zařízení s pyrosenzorem

se zón s velkou a malou citlivostí. Když se někdo pohybuje z jedné zóny do druhé, způsobí to změny výstupního napětí senzoru a aktivuje zařízení. Jako alternativu lze použít konvexní čočku, která vymezí úzký koridor s velkou citlivostí. Třetím, velmi efektivním typem čočky, je Fresnerova čočka „záclonového“ typu. Vytváří dvě oblasti s velkou citlivostí, které jsou umístěny blízko sebe. Výsledek se podobá neviditelné zácloně, kterou je možné použít pro rozdělení místnosti na dvě části. Kdokoli projde touto „záclonou“, spustí zařízení. Od použití konvexní čočky se liší tím, že v horizontálním směru má sice úzkou charakteristiku, ale ve vertikálním směru velký „zorný“ úhel. U čidel s paprskovou charakteristikou je třeba použít několik paprsků nad sebou, aby nebylo možné je překonat překročením nebo podlezáním. Záclonová čočka dává vynikající pokrytí od podlahy až po strop (ovšem s výjimkou v blízkosti čočky).

Použité elektronické zapojení je velmi jednoduché. Výstupní signál pyrosenzoru, který je velmi malý, se přivádí do dvoustupňového zesilovače s velkým zesilením. Filtrace s charakterem dolní propusti minimalizuje problémy se šumem – vlastní šum pyrosenzoru je však příčnou omezení maximálního výkonu zařízení. Některé senzory používají dvojici prvků, zapojených v protifázi, takže snímání šum pozadí má tendenci se vyrušit. Přechází-li naproti tomu přes citlivé prvky infračervený signál, nejprve vzniká signál jedné polarizace a potom opačné, takže mezi vrcholové výstupní napětí je dvojnásobné.

Výstupní signál ze zesilovače se přivádí do okénkového diskriminátoru. Za „normálních“ okolností zůstává výstupní napětí v rozmezí „okénka“, při detekci pohybu však „normální“ hranice překročí a výstupní napětí okénkového komparátoru se mění na kladné a jednoduchým budičím stupněm se sepnou relé.

Praktické schéma zapojení je na obr. 58. Rezistor  $R_1$  je zatěžovacím odporem zdrojového sledovače v pyrosenzoru  $IO_1$ . Obvody  $IO_2$ ,  $IO_3$  tvoří dvoustupňový nízkofrekvenční zesilovač s velkým zesilením, kapacity kondenzátorů byly zvoleny tak, aby se dosáhlo potřebného rozšíření charakteristiky v oblasti nízkých kmitočtů. Kondenzátor  $C_5$  odfiltruje signály vyšších kmitočtů.  $IO_4$  pracuje jako okénkový diskriminátor, potenciometr  $P_1$  používá pro „otevírání“ a „zavírání“ okénka. Úzké okénko dává větší citlivost, širší okénka vedou k menší citlivosti. Nastavení příliš úzkého okénka však způsobuje náchylnost zařízení k falešným poplachům. Potenci



Obr. 58. Indikátor s pyrosenzorem

ciometrem  $P_1$  je třeba nastavit nejužší okénko, které ještě dává spolehlivé výsledky, což vyžaduje určité experimentování.

Pyrosenzor SBA02 je uložen v pouzdru typu TO-99 se třemi vývody. Je to typ s dvojitým prvkem a pro běžné použití se upevňuje tak, že obdélníkové okénko je v horizontální poloze. Autor důrazně doporučuje používat čočky, které byly speciálně navrženy pro tento typ aplikací, protože jak se zdá, běžné čočky se zdají být zcela nepoužitelné. V této aplikaci se pracuje s velmi dlouhou vlnovou délkou (asi od 7 do 12 mikronů) a na těchto vlnových délkách se zdají být obvyklé čočky nepropustné, nebo jednoduše propouští infračervené záření, aniž by se paprsek ohýbal. V Anglii jsou k dispozici dvě levné Fresnelovy čočky, určené pro používání s pyrosenzory, a to CE 24 a CE 26. První z nich má široký úhel pokrytí, druhá je čočka se „záclonovou“ charakteristikou. S použitím čočky CE 24 je možné dosáhnout dosahu kolem 10 m, s čočkou CE 26 by mělo být možné dosáhnout nejméně trojnásobného dosahu. Vertikálně má pole pokrytí úhel 100°, v horizontálním směru má však dvě maxima citlivosti o šířce 2°, která mají vzájemný odstup také 2°. V aplikacích, kde je tato charakteristika vhodná, se s čočkou tohoto typu dosahuje udivujících výsledků.

Tyto čočky jsou dodávány ve formě ploché plastické destičky, která je ohebná, a správné zakřivení zajišťují příslušné upevňovací prvky. Montáž není příliš obtížná, malé nepřesnosti nemají na funkci významnější vliv. Pasivní infrazensory jsou dosti odolné proti náhodnému spouštění, potíže však může působit turbulence vzduchu v blízkosti senzoru. Čočka typu CE 24 se musí použít při širším rozměru orientovaném horizontálně, ale CE 26 musí být orientována vertikálně.

Pasivní infračervené detektory dosahují vysokého výkonu, je třeba si však uvědomit, že podobně, jako některé další popsané detektory, jsou detektory pohybu. Jsou citlivé pouze na osoby, které se pohybují v jejich „zorném úhlu“. Protože detekují změny teploty, nezjistí objekt, který nevyzařuje dostatečné množství tepla. To je často výhodné, protože to zabrání falešným poplachům.

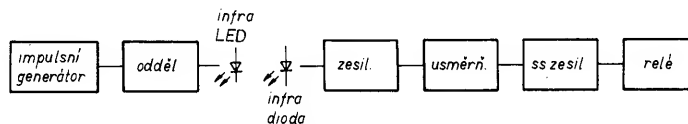
Základní součástky, potřebné pro konstrukci popisovaného zařízení, nejsou běžné na trhu. V Anglii je dodává firma Chartland Electronics Ltd., Twinoaks, Cobham, Surrey. To platí pro pyrosenzor SBA02 a čočky CE 24 a CE 26. To uvádíme jen pro úplnost a nikoli proto, že bychom podceňovali vynálezavost a schopnosti improvizace našich čtenářů.

Practical Electronics 8/1988

### Infračervená závora

Tímto názvem se běžně označují zabezpečovací zařízení, která spustí poplach při přerušení svazku infračervených paprsků. Zpočátku se používala převážně v profesionálních zařízeních (a ve filmech). Použití moderních součástek umožnilo jednak zvětšit původní krátký dosah, jednak zjednodušit zapojení tak, že může být nastaveno a používáno i v neprofesionálních podmínkách. Popisované zapojení se používá jako součást existujícího zabezpečovacího zařízení. Může dosáhnout dosahu nejméně deset metrů a jednoduchou změnou odporu jednoho rezistoru lze zvětšit výstupní výkon vysílače pro dosah 50 m i více.

Blokové schéma zařízení je na obr. 59. Používá se impulsní modulace infračervené-

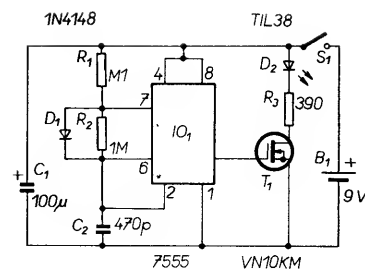


Obr. 59. Blokové schéma infračervené závory

ho paprsku o dosti vysokém opakovacím kmitočtu (1 až 100 kHz). Infračervená dioda LED je buzena z impulsního generátoru přes koncový zesilovač, který dodává dostatečně velký proud. Budicí signál nemá zpravidla pravouhlý průběh, ale používá se krátkých impulsů. Vedou k tomu podobné důvody jako u infračerveného telefonu.

Na vstupu přijímače mohou být použity různé součástky citlivé na světlo v infračervené oblasti spektra. Nejběžnější se v této aplikaci používají fotodiody s velkou aktivní plochou, protože mají nejen vhodnou citlivost, ale také dostatečnou šířku pásma. I to je velmi důležité, neboť i když se bude používat opakovací kmitočet impulsů kolem 10 kHz, je si třeba uvědomit, že vyšší harmonické kmitočty impulsů vyžadují pro dobrý přenos a využití energie z vysílače širší kmitočtového pásma alespoň desítkrát větší. Je třeba použít zesílení, protože výstupní signál diody je velmi malý. Zesílený signál se usměrňuje a filtruje, aby se získalo stejnosměrné napětí, zhruba přímo úměrné intenzitě přijímaného signálu. Dokud není svazek přerušen, tento obvod dodává značné velké stejnosměrné napětí. Tímto napětím je buzen stejnosměrný zesilovač, na jehož výstupu je zapojeno relé. Při přerušení infračerveného paprsku relé odpadá a spíná poplachový okruh. Pokud jde o optický systém, o jeho provedení a nastavování a vliv na dosah systému platí téměř beze zbytku to, co bylo uvedeno u infračerveného telefonu.

Ve vysílači je pouze několik součástek, jak je zřejmé ze zapojení na obr. 60. Základem zapojení je IO<sub>1</sub> typu 555, v originálu ve verzi s malou spotřebou (CMOS), protože zařízení bylo konstruováno pro použití s bateriovým napájením. I když je při menší spotřebě aplikace zařízení univerzálnější, není to samozřejmě podmínkou. Obvod je zapojen



Obr. 60. Infračervený vysílač

jako astabilní multivibrátor, nejde však o zcela standardní zapojení, protože byla použita dioda  $D_1$ . Činnost tohoto obvodu je založena na nabíjení kondenzátoru  $C_2$  přes  $R_1$  a  $R_2$  na dvě třetiny napájecího napětí. V průběhu této doby je výstupní signál na vývodu 3 maximální. Pak se náboj na  $C_2$  vybíjí přes  $R_2$  a integrovaný spínací tranzistor v integrovaném obvodu, dokud se napětí na  $C_2$  nezmenší na jednu třetinu napájecího napětí. Tento cyklus se pak opakuje. Výstupní napětí IO<sub>1</sub> je v průběhu vybíjení minimální. Při standardním zapojení obvodu 555 je doba, po kterou je výstupní signál v maximu, delší než doba v minimu, protože  $C_2$  se nabíjí přes oba tranzistory  $R_1$  a  $R_2$ , ale vybíjí se pouze přes  $R_2$ . To je však opak toho, co potřebujeme, protože pak by dioda LED byla zapnuta po déle než 50 % doby cyklu (místo asi 10 %, jak to potřebujeme). Jednoduše lze tento

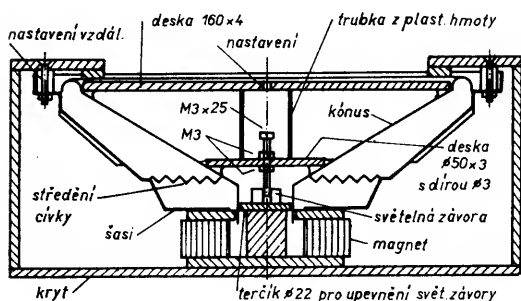
problém řešit použitím diody  $D_1$ , která přemostuje  $R_2$  v průběhu nabíjení v každém cyklu. Doba nabíjení je tak řízena rezistorem  $R_1$ , doba vybíjení rezistorem  $R_2$ . Při volbě odporu rezistoru  $R_2$  tak, aby byl desetkrát větší než odpor rezistoru  $R_1$ , se tak dosáhne požadovaného průběhu s poměrem 1 ku 10. Oscilátor pracuje na kmitočtu kolem 3 kHz. Jako  $T_1$  byl v původní konstrukci použit tranzistor typu VMOS, který nevyžaduje velký budicí proud. Tím se dosahuje (kromě malé spotřeby oscilátoru) odběru proudu z baterií jen o málo většího, než je střední proud diody LED (kolem 1 mA) což s jednou sadou baterií dovoluje nepřetržitý provoz déle než měsíc. V řadě aplikací to však není kritické.

Zapojení přijímače je na obr. 61.  $D_3$  je dioda detektoru, která je obráceně polarizována rezistorem  $R_4$ . Diodou  $D_3$  protéká malý proud, jehož úroveň závisí na intenzitě infračerveného záření, dopadajícího na  $D_3$ . Impulsy infračervené energie z vysílače proto způsobují průchod malých proudových impulsů rezistorem  $R_4$  a diodou  $D_3$ , což způsobuje malé napěťové změny, přiváděné kondenzátorem  $C_4$  na vstup zesilovače s velkým zesílením. Je to běžný třístupňový zesilovač se střídavou vazbou. Není třeba využít plného zesílení všech tří stupňů, proto se rezistorem  $R_{12}$  zavádí silná záporná vazba do  $T_4$ , zmenšující celkové zesílení na potřebnou velikost. I tak je obvyklý napěťový zisk větší než 80 dB (zesílení 10 000). Dioda detektoru záření je opatřena infračerveným filtrem, což zjednodušuje problémy s rušivými vlivy okolních zdrojů světla. Vazební kondenzátory v zesilovači mají tak malou kapacitu, aby se nepřenašela složka 100 Hz, vznikající v infračervené oblasti v žárovkách.

Zapojení obsahuje výstup pro sluchátka, usnadňující sledování signálu krystalovými

Everyday Electronics září 1986

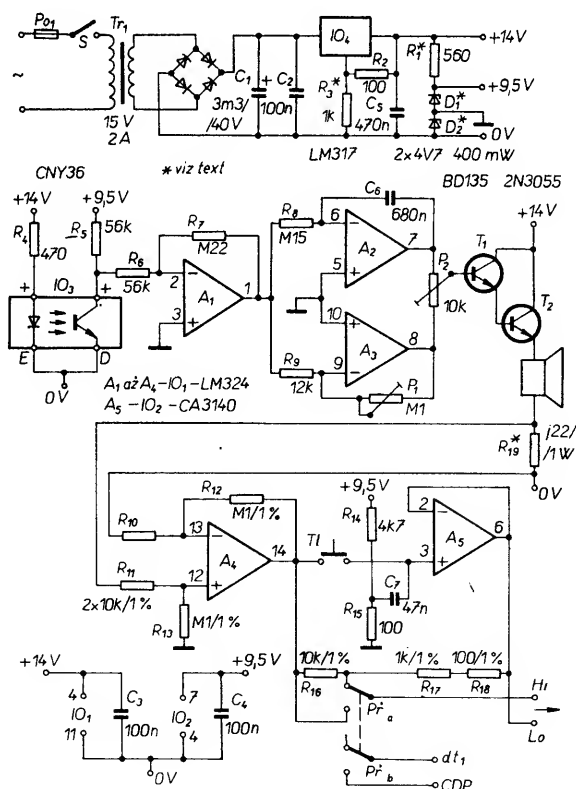
### Elektronická váha



Reproduktor je nezbytné upravit, není to však příliš obtížné. Nejprve je třeba odstranit kryt proti prachu ve středu kónusu membrány, aby se dosáhlo volného přístupu k magnetu a jeho vzduchové mezeře. Je třeba ovšem dbát na to, aby se do vzduchové mezery nedostalo nic, co tam nepatří (piliny), protože to by mohlo značně zkreslovat výsledky vážení. Do středu střední části trvalého magnetu upevníte přilepením vidlicovou světelnou závoru, nebo její improvizovanou náhradu. V podstatě jde o diodu LED, která slouží jako zdroj světla, dopadajícího na fototranzistor nebo fotodiodu, vzdálenost těchto součástek je asi 4 až 5 mm tak, aby do mezery mezi nimi mohl zasahovat šroub M3, spojený s membránou, a tak indikovat dosažení přesně stejné polohy. Pak se připájejí čtyři vývody světelné závory a přilepi se na kónus membrány, přičemž musí vytvářet malou smyčku, dovolující potřebný zdvih

Celá elektronická část se skládá ze dvou větších celků, měřicí a regulační elektroniky (viz obr. 63) a indikační elektroniky (obr. 64). Regulační elektronika obsahuje obvod ke snímání měřené veličiny a obvod regulace proudu. Vstupní signál vzniká ve světelné

**Obr. 63. Zapojení elektronické váhy**



Obr. 62. Úprava reproduktoru



závoře při zasunutí nastavovacího šroubu do světelného paprsku. Obvod regulace proudu se skládá z integrovaného regulátoru ( $A_2$ ) a proporcionálního regulátoru ( $A_3$ ). Integrovaný regulátor je zapojen jako integrátor, integrující příslušné vstupní signály a vytvářející jejich střední hodnotu. Proporcionální regulátor tvoří zesilovač, jehož zesílení je možné nastavit potenciometrem ve zpětnovazební větvi. Potenciometrem  $P_2$  se nastavuje poměr mezi proporcionálním a integračním podílem. Oba tyto potenciometry musí být později nastaveny tak, aby regulační okruh byl právě pod hranici kmitání. V praxi to znamená, že může být slyšitelný vysoký tón, nesmí to však být tón hluboký. V tomto problému také velmi pomůže, když má reproduktor málo možností kmitat, to znamená, když je vestavěn do krytu. Na konci regulačního obvodu jsou zapojeny oba výkonné tranzistory.

Rezistor  $R_{19}$  se používá k měření proudu cívky reproduktoru. Aby byl proud co nejméně teplotně závislý, je vhodné navinout tento rezistor z konstantanového drátu svépomocí. Zesilovač  $A_4$  zesiluje měřenou veličinu asi čtyřikrát. Je zapojen jako diferenční zesilovač, protože k měřicímu napětí je třeba ještě přičíst pevné napětí (4,5 V vztaženo ke kostře), aby indikace netrpěla problémy potlačení soufázových signálů. Aby se předešlo potížím způsobujícím chyby měření vlivem přechodových odporů při poměrně velkém proudu cívky reproduktoru, musí být rezistor  $R_{10}$  umístěn co nejbližší spoje rezistoru  $R_{19}$  s kostrou.

Obvod  $A_5$  je zapojen jako vzorkovací a paměťový obvod, umožňující odečíst hmotnost tara (hmotnost obalu zboží). Váhu je možné s položeným obalem tlačítkem tara vynulovat. Přímou po zapnutí je kondenzátor  $C_7$  nenabitý, napětí na neinvertním vstupu operačního zesilovače  $A_5$  je tedy rovno napětí v uzlu  $R_{14}/R_{15}$ , a je 4,7 V vztaženo ke kostře, plus 80 mV (úbytek napětí na  $R_{15}$ ). Těchto 80 mV způsobí, že při indikaci 0 V

(měřeno mezi výstupy  $A_4$  a  $A_5$ ) musí cívku reproduktoru protékat klidový proud přibližně 40 mA. Tento klidový proud je možné nastavit nastavovacím šroubem. Při sepnutí  $S_2$  se indikace nastaví na nulu a váha je „vytárována“. V tomto případě se kondenzátor  $C_7$  nabije výstupním napětím operačního zesilovače  $A_4$ . S použitím tlačítka tara je možné elektronickou váhu použít jako „dovažovací“ váhu – přiložené při tom nesmí celková hmotnost přesáhnout 500 gramů. Vzorkovací a paměťový obvod nedokáže bohužel „udržet“ naměřenou hmotnost nekonečně dlouhou dobu. To je způsobeno malým proudem zesilovače  $A_5$  a případnými svodovými proudy kondenzátoru  $C_7$ . Na rozsahu 200 g se indikace změní po asi 30 sekundách až 1 minutě, na rozsahu 500 g to trvá podstatně déle. To znamená pracovat při malých zatíženích rychle, aby byla zachována přesnost výsledku vážení.

Oba měřicí rozsahy se přepínají přepínačem. Rozsah 200 gramů je sice přesnější, před každým měřením by se však měl přístroj vynulovat tlačítkem. Protože fototranzistor ve světelné závoře je teplotně závislý a celé zařízení se proudem cívky reproduktoru může dosti ohřát, nezůstává nastavení klidového proudu vždy konstantní. Na rozsah 500 gramů lze přístroj přepnout napěťovým děličem  $R_{16}$  až  $R_{18}$ . Rozsah 500 g je méně citlivý, proto na něm také nejsou žádné problémy s nastavením nuly.

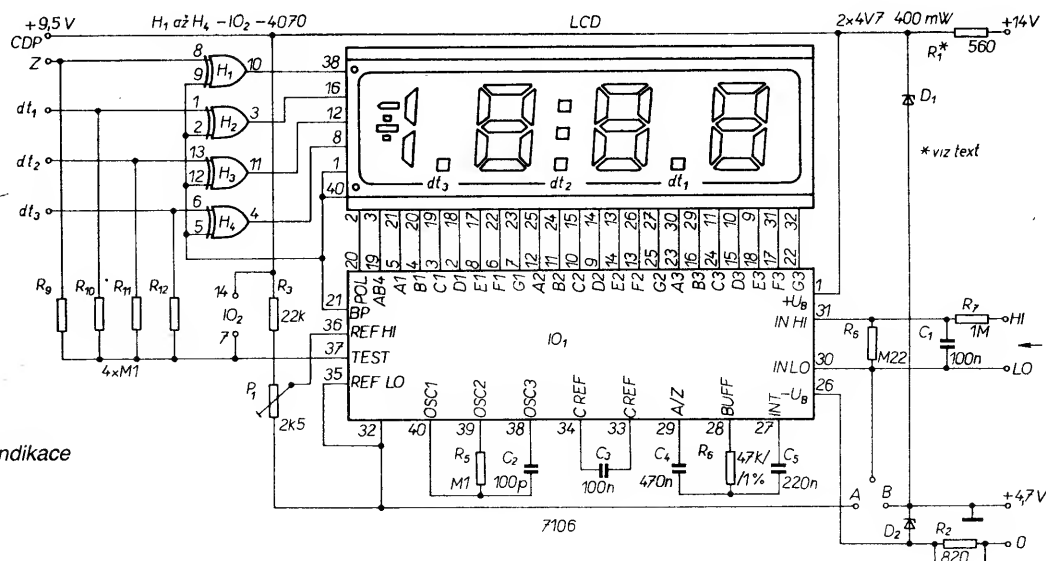
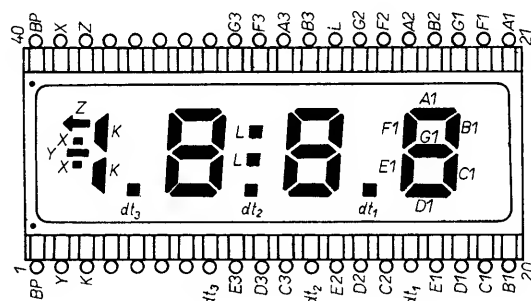
Pro digitální indikaci je možné použít digitální měřicí modul vlastní konstrukce tak, jak byl použit v originálním popisu zařízení, nebo některý z běžně vyráběných univerzálních měřicích modulů, jako je i digitální měřicí modul TESLA ADM 2000. Obr. 64 ukazuje zapojení modulu vlastní konstrukce, který je možné s použitím dostupných součástí poměrně snadno sestavit. Pro buzení displeje se používá známý obvod 7106. Rezistor  $R_5$  a kondenzátor  $C_2$  určují kmitočet vlastního oscilátoru. Při uvedených hodnotách je to přibližně 45 kHz. Z toho je také odvozován

měřicí cyklus (tři měření za sekundu). Integrátor pro použitý systém měření je zapojen s  $R_6$  a  $C_5$ ,  $C_4$  je kondenzátor automatického nulování. Při správném dimenzování displej ukazuje při zkratování vstupu přesně „000“.  $C_3$  slouží jako nabíjecí kondenzátor pro referenční napětí v průběhu automatického nastavování nuly. Integrovaný obvod obsahuje teplotně velmi stabilní zdroj referenčního napětí. Referenční napětí je typicky 2,8 V a je připojeno mezi vývody 1 (+ $U_B$ ) a 32 (COMMON). Z tohoto napětí se odvozuje reference pro integrátor. Požadovaná „plná výchylka“ na displeji odpovídá přesně dvojnásobku referenčního napětí. Například, má-li být plná výchylka 200 mV, je referenční napětí 100 mV. Potenciometrem  $P_1$  se toto napětí nastaví na vstup REF HI. Rezistory děliče  $R_7/R_8$  se dělí vstupní napětí mezi vývody IN LO a IN HI.  $P_1$  slouží také k nastavení vstupní citlivosti. Jako referenční závaží pro toto nastavení je možné použít například o něco méně než 200 gramů cukru (kostky cukru jsou také velmi vhodné pro kontrolu linearity). Když se „ocechuje“ rozsah 200 gramů, bude pak dostatečně přesný i rozsah 500 g.

Síťový napájecí zdroj může dodávat proud až 1,5 A, musí proto být dobře chlazen. Skutečně odebraný proud se může poněkud měnit podle typu reproduktoru. Rezistorem  $R_3$  je možné nastavit výstupní napětí. Při odporu 1 k $\Omega$  je to 14 V. Tímto napětím je také určen maximální proud, který může protékat cívku reproduktoru, zvolený tak, aby při zatížení váhy hmotnosti 500 gramů nebyl proud ještě omežován. Součástkami  $R_1$ ,  $D_1$  a  $D_2$  se na jedné straně získává napájecí napětí pro digitální indikaci, na druhé straně umělý střed pro operační zesilovače. Tento bod má ve vztahu ke kostře napětí 4,7 V. Napětí 9,5 V pro  $A_5$  je možné odebírat z bodu CDP obvodu displeje. Toto omezení je nezbytné, aby na vstupu obvodu displeje nevznikalo přepětí.

Nastavování začíná nastavením proporcionálního a integračního regulátoru. Jak již bylo uvedeno, není to zcela jednoduché, protože systém (reproduktor) v závislosti na různém zatížení může kmitat. Proto je třeba při nastavování zkontrolovat celý rozsah vážení v krocích po 50 g, aby se zjistilo, jestli přístroj kmitá či nikoli. To je možné velmi snadno zjistit na výstupu  $A_1$ . Všeobecně platí: čím větší je proporcionální podíl, tím větší je sklon ke kmitání při malém zatížení; čím větší je podíl integrační, tím je kmitání systému při velkém zatížení pravděpodobnější.

Pokud se nedaří najít vůbec žádný stacionární stav, musí být systém zatlumen malým



Obr. 64. Zapojení digitální indikace

závaží, nebo vestavěn do těsného krytu. Nastavovací šroub uvnitř reproduktoru je určen pro nastavení klidové polohy membrány, a měl by být nastaven tak, aby se membrána při zapnutí poněkud nadzvedla a protákal malý klidový proud od 10 do 50 mA.

Oba rozsahy měření se nastavují potenciometrem  $P_1$ . Pro přesné nastavení je třeba použít normální závaží. Nejvhodnější je vypůjčit si sadu závaží, jiné náhradní metody s použitím kostek cukru je možné použít pro orientační ověření funkce; pro cejchování měřicího zařízení, jako je elektronická váha, však nemají dostatečnou přesnost.

Konstrukce zařízení bude vycházet z možností, které budou k dispozici. Při vestavění do dřevěného krytu se sešikmým předním panelem vypadá přístroj velmi elegantně. Reprodukční je zespoďu přišroubován na horní stěnu krytu, ve které samozřejmě předem vyříznete potřebnou díru pro miskou na vážené předměty. Jako miskou můžeme použít např. víčko větší dózy. V krytu jsou upevněny dorazy ze dřeva, které membráně nedovolují žádné nekontrolované pohyby. Kryt je dostatečně velký pro vestavění elektronické části. Přitom je třeba dbát na dobré chlazení  $IO_4$  a  $T_2$ . Nejvhodnější je upevnit obě tyto součástky s příslušnými chladiči na zadní stěnu krytu zvenku. Displej a přepínače jsou vestavěny do sešikmeného předního panelu. Tak se dá pohodlně číst měřený údaj na displeji. A pak už je možné začít s vážením: dopisy, dávkování potravin při vaření a pečení, prostě všechno až do 500 gramů.

*Elektronika 10/1989*

## Jednoduchý adaptor pro měření kondenzátorů

Základní myšlenkou tohoto přípravku je možnost jeho zasunutí do libovolného digitálního nebo analogového multimetru, který se tím změní na měřič kapacity. Umožňuje pak měřit libovolné neznámé kapacity od 3,3 pF do 2000  $\mu$ F ve dvou rozsazích. Na prvním rozsahu se kapacita čte v pikofaradech, na druhém v nanofaradech. Adaptor se může používat i k měření polarizovaných kondenzátorů, jako jsou hliníkové a tantalové elektrolytické kondenzátory, stejně tak k měření běžných nepolarizovaných typů.

Tato přídavná jednotka je velmi malá a konstrukčně je řešena pro zasunutí do zdiřek pro banánky na rozteči 19 mm, jak se běžně používají u většiny multimetrů. Používá se pouze jeden páčkový třípólový přepínač se střední polohou vypnutí. Při měření není třeba žádné nastavování. Vývody neznámého kondenzátoru se prostě zasunou do objímky adaptoru, přepne se buď na rozsah pF nebo nF a na multimetru se přečte kapacita.

Multimetr je přitom nastaven na standardní rozsah pro měření odporu. Jedinou komplikací je to, že indikaci multimetru v ohmech je nutné dělit deseti, aby platil údaj v pF nebo nF (podle zvoleného rozsahu). Takže údaj odporu 1 M $\Omega$  na rozsahu LOW odpovídá

100 000 pF, tj. 0,1  $\mu$ F. Údaj 1 k $\Omega$  na stejném rozsahu odpovídá kapacitě 100 pF, zatímco na rozsahu HIGH by odpovídal kapacitě 100 nF neboli 0,1  $\mu$ F.

Základem obvodu je integrovaný obvod 74HC132 se čtyřmi klopnými obvody Schmittova typu s dvouvstupovými hradly NAND. První z nich,  $IO_{1a}$  je zapojen jako relaxační oscilátor, jehož kmitočet závisí na kapacitě  $C_x$  neznámého kondenzátoru, zapojeného mezi vstupní vývody 1 a zem.

Výstup oscilátoru se přivádí do obvodu  $IO_{1b}$ , který společně s  $IO_{1c}$  tvoří monostabilní klopný obvod. Ten převádí výstupní signál oscilátoru na řadu úzkých impulsů konstantní šířky, avšak s pracovním cyklem (poměr značka/mezera) proporcionálním kapacitě  $C_x$  měřeného kondenzátoru. Tyto impulsy jsou tvarovány a invertovány oddělovacím stupněm  $IO_{1d}$  a používány pro spínání  $T_1$  typu MOSFET.

Multimetr nastavený na měření odporu je zapojen mezi elektrody G a D tranzistoru  $T_1$  přes ochranný rezistor. Na vstupu multimetru je také paralelně zapojen bipolární kondenzátor 2,2  $\mu$ F, který se uplatňuje jako integrační (společně s proudovým zdrojem měřidla). V důsledku toho se integrovány (nebo „střední“) odpor, měřený multimetrem, stává úměrným pracovnímu cyklu spínání  $T_1$  a tím také kapacitě měřeného kondenzátoru  $C_x$ .

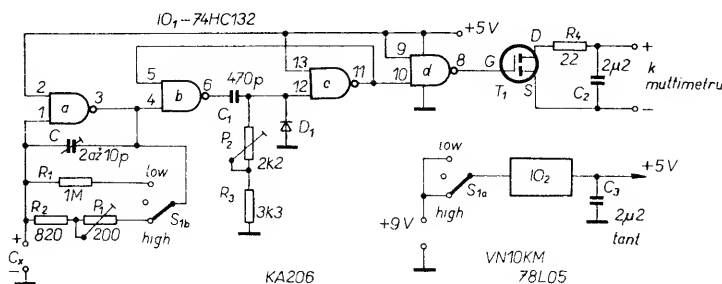
Efektivní odpor mezi vývody multimetru se mění od téměř 22  $\Omega$  (odpor ochranného rezistoru) až téměř do nekonečna, jistě do mnoha megaohmů při velké kapacitě  $C_x$  měřeného kondenzátoru. Ačkoli se tento způsob měření kapacity může zdát poněkud neortodoxní a nepřímý, byl pečlivě navržen a může dávat velmi přesné výsledky. Část tajemství úspěchu je MOSFET  $T_1$  (dosáhlo se skutečně rychlého spínání a velmi malého odporu v sepnutém stavu).

Všimněte si, že vzhledem k funkci obvodu je na kondenzátoru v průběhu měření malá stejnosměrná složka – střední hodnota oscilačního napětí na vstupu  $IO_{1a}$ ; ta je asi 2,5 V (s vyznačenou polaritou). V důsledku toho mohou být zcela přesně měřeny elektrolytické kondenzátory za předpokladu, že jsou připojeny záporným vývodem k zemi.

Jediným druhem kondenzátorů, který může způsobovat značné chyby měření, jsou elektrolytické kondenzátory s velkou kapacitou a velkým svodem. V extrémním případě může svod dokonce způsobit vysazení oscilací  $IO_{1a}$ . Takové kondenzátory se ovšem obtížně měří i jinými způsoby a vyplatí se je vyhodit.

Druhá deska přepínače přepíná dva rozsahy měření přepnutím dvou různých zpětnovazebních rezistorů v oscilátoru. Kapacitní trimr 2 až 10 pF je určen ke kompenzaci rozptylových kapacit, které by jinak ovlivnily přesnost při velmi malých kapacitách.

Potenciometr 2,2 k $\Omega$  nastavující paralelní odpor na vstupu  $IO_{1c}$  se používá ke kalibraci rozsahu jemným nastavením šířky impulsu monostabilního multivibrátoru. Vyšší rozsah se kalibruje odporovým trimrem, který tvoří část odporu zpětné vazby oscilátoru.



Obr. 65. Adaptor pro měření kondenzátorů

K napájení se používá destičková baterie 9 V typu 51 D, s třípólovým stabilizátorem 78L05, dodávajícím napájecí napětí 5 V pro  $IO_1$ .

Konstrukce je umístěna na desce s plošnými spoji o rozměrech 25 x 66 mm, na které jsou umístěny všechny součástky, kromě baterie. Při pájení je třeba dodržet běžné zásady pro práci se součástkami MOS, aby se nepoškodily statickým nábojem.

Nastavení adaptoru je poměrně jednoduché. Po sestavení zasuňte přípravek do multimetru, nastaveného na vhodný rozsah měření ohmů (zpočátku při 1 M $\Omega$  pro plný rozsah). Pak se přepne přepínač na nižší rozsah, připojí se na vstup kondenzátor 0,1  $\mu$ F – přednostně co nejpřesnější. Pak by mělo být možné nastavit odporový trimr 2,2 k $\Omega$  tak, aby byl na displeji údaj 1 M $\Omega$ , odpovídající správné měřené kapacitě 100 000 pF. Pokud se vyskytnou potíže s dosažením správného údaje, bude možná třeba zmenšit odpor pevného rezistoru v sérii s odporovým trimrem 2,2 k $\Omega$ . Pro všechny čtyři pevné rezistory jsou doporučovány rezistory s přesností 1 %.

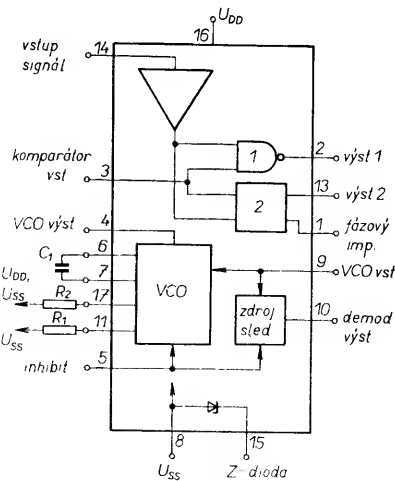
Pak vyjměte kondenzátor 0,1  $\mu$ F, připojte kondenzátor 10 pF (keramický nebo styroflexový, pokud možno co nejpřesnější). Přepněte multimetr na nižší rozsah, na němž je možné přesně přečíst 100  $\Omega$ , a nastavte kapacitní trimr tak, aby byl tento údaj na displeji. Nakonec připojte opět kondenzátor 0,1  $\mu$ F, přepněte přepínač na vyšší rozsah, nastavte rozsah multimetru podle potřeby tak, aby bylo možné přesně přečíst údaj 1000  $\Omega$  a nastavte odporový trimr tak, aby se dosáhlo tohoto údaje. Tím je dokončena kalibrace adaptoru.

*Electronics Australia 8/1988*

## Aplikace integrovaného obvodu 4046B

Integrovaný obvod 4046B je aktivní prvek pro obvody s fázovým závěsem (PLL – Phase Locked Loop) vynikajících vlastností, který je vyroben technologií CMOS. Vestavěný napětím řízený oscilátor (VCO) zvládne poměr kmitočtů 1:1 000 000, přičemž horní kmitočtová mez je kolem 1 MHz. Na obr. 66 je blokové schéma a popis vývodů integrovaného obvodu, který je uložen v pouzdře DIL o 16 vývodech.

Obvod 4046 obsahuje dva odlišné konstruované fázové detektory, poměrně složité

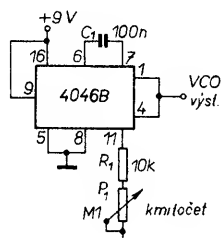


Obr. 66. Blokové schéma obvodu 4046

VCO, Zenerovu diodu a budič, zapojený jako sledovač (emitorový sledovač s tranzistorem FET). Fázový detektor 1 je jednoduchý typ s hradlem EX OR. Má dobré vlastnosti pokud jde o potlačení šumu, musí však být buzen symetrickými pravouhlými signály (na vývodech 3 a 14). Fázový detektor 2 pracuje se spouštěním naběhem signálu, dává k dispozici třístavový výstup, může být buzen nesymetrickým signálem, přivedeným na vývody 3 a 14. Má velkou šířku pásma synchronizovaných kmitočtů, má však horší potlačení šumu.

Vstup VCO má extrémně velkou vstupní impedanci (vývod 9), oscilátor proto může být buzen ze zdroje s velkou impedancí. Vestavěný sledovač umožňuje pozorovat, nebo dále zpracovávat řídicí napětí, přivedené na vývod 9, i mimo vlastní obvod, aniž by byl přitom zatěžován zdroj řídicího napětí. Vstup blokování (inhibit) na vývodu 5 je normálně na úrovni  $U_{SS}$ , takže výstupní signály VCO a zdrojového sledovače se dostávají na příslušné výstupy. Obě tyto cesty signálu se rozpojí, když se na vývod 5 přivede signál o úrovni log. 1. Zenerovo napětí diody, vestavěné mezi vývody 8 a 15, je 5,2 V. Tuto diodu je možné např. využít pro obvody stabilizace napětí.

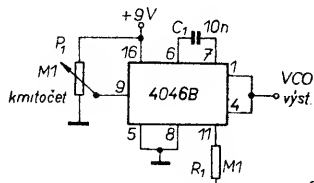
Příklady použití IO 4046B pro napětím řízené oscilátory (VCO) jsou na obr. 67 až



Obr. 67. Generátor 200 Hz až 2 kHz

75. Na obr. 67 je nejjednodušší zapojení: vývod 9 je připojen pevně k úrovni log. 1 a obvod pracuje jako oscilátor pravouhlého signálu, jehož výstupní kmitočet je možné měnit potenciometrem  $P_1$  v poměru 1:10. Výstup VCO (vývod 4) integrovaného obvodu je přímo propojen se vstupem fázového detektoru (vývod 3). Když se vývod 3 nezapojí a zůstane volný, osciluje fázový detektor asi na 20 MHz, takže výstupní signál VCO je přeložen v fázě signálem.

Obr. 68 ukazuje, jak je možné 4046B využít jako širokopásmového VCO. Hodnoty

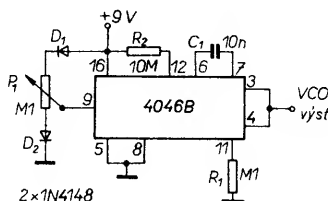


Obr. 68. Širokopásmový generátor VCO

součástek  $R_1$  a  $C_1$  určují maximální kmitočet; z potenciometru  $P_1$  se na vývod 9 přivádí řídicí napětí, kterým se nastavuje kmitočet výstupního signálu. Když je napětí na vývodu 9 rovno 0 V, klesá kmitočet téměř na nulu (několik cyklů za minutu). Efektivní rozsah řídicího napětí pro vývod 9 se pohybuje od 1 V nad potenciálem „země“ až po 1 V pod napájecím napětím. Na počátku a na konci odporové dráhy potenciometru se proto kmi-

točet výstupního signálu nemění. V tomto zapojení je možné měnit kmitočet téměř od nuly do 1,4 kHz.

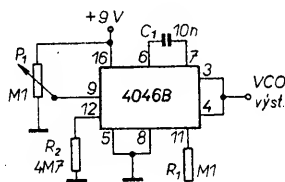
Mrtvé úhly natočení  $P_1$  (konec a začátek odporové dráhy) je možné odstranit tím, že se do série s přívody potenciometru  $P_1$  zapojí křemikové diody (obr. 69). Toto zapojení se



Obr. 69. Generátor VCO

dále vyznačuje tím, že minimální provozní kmitočet je snížen na nulu, a to doplněním rezistoru  $R_2$  s velkým odporem mezi vývod 12 a kladné napájecí napětí. V tomto zapojení je třeba v praxi počítat s tím, že když se kmitočet nastaví na nulu, pak na výstupu VCO je buď úroveň log. 0 nebo log. 1 (a to náhodně).

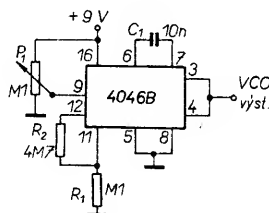
Zapojení na obr. 70 ukazuje, jak je možné použít rezistor připojený na vývod 12 k na-



Obr. 70. Generátor VCO 60 Hz až 1,4 kHz

stavení minimálního provozního kmitočtu VCO s omezeným pásmem. Minimální kmitočet je určen volbou  $C_1$  a  $R_2$ , maximální kmitočet je dán kapacitou kondenzátoru  $C_1$  a paralelní kombinací  $R_1$  a  $R_2$ .

Zapojení na obr. 71 je alternativní verze VCO s omezením pásma, maximální kmito-

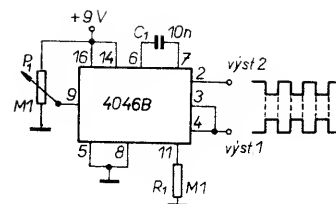


Obr. 71. VCO

čet závisí na  $R_1$  a  $C_1$ , a minimální je určen kapacitou kondenzátoru  $C_1$  a kombinací  $R_1$  +  $R_2$ . Při vhodném dimenzování  $R_1$  a  $R_2$  může poměr změny kmitočtů dosáhnout téměř každé hodnoty mezi 1:1 až téměř 1:∞.

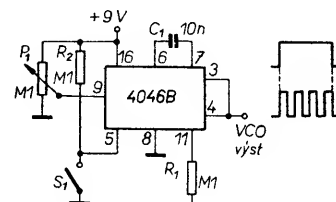
Obvod VCO je možné také použít pro generování dvou signálů pravouhlého tvaru, které jsou vzájemně v protifázi tím, že se propojí výstup VCO se vstupem fázového detektoru a vstup signálů (vývod 14) se připojí na úroveň log. 1. Výstupní signál, který je v protifázi s výstupním signálem VCO, může být odebírán na vývodu 2 (obr. 72). Toto zapojení používá vestavěné hradlo EX OR (fázový detektor 1).

Zapojení VCO s obvodem 4046B může být vypínáno signálem na vývodu 5, takže vznikne klíčovaný VCO. Vypnutí VCO se dosáhne tím, že se na vývod 5 přivede



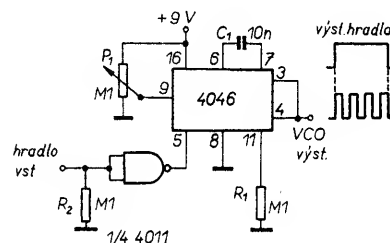
Obr. 72. Dvojitý generátor VCO

úroveň log. 1. Tak je možné VCO zapínat a vypínat vnějším signálem. Obr. 73 ukazuje, jak lze VCO zapínat ručně. Z následující-



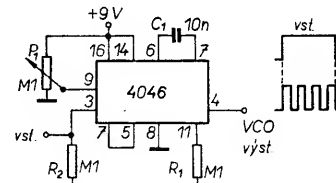
Obr. 73. Ruční vypínání generátoru VCO

ho obrázku (obr. 74) je zřejmé, jak je možné, VCO zapínat elektronicky s použitím vnějšího invertoru (hradlo CMOS typu 4011B).



Obr. 74. VCO s invertorem

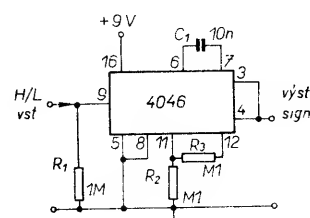
Pokud není požadován výstupní signál v protifázi, je možné použít ke klíčování také hradlo EX OR, vestavěné v integrovaném obvodu (viz obr. 75).



Obr. 75. VCO s EXOR

Jak jsme již uvedli, obvod 4046B je univerzálním stavebním prvkem, zajímavým pro řadu speciálních aplikací generátorů signálu pravouhlého průběhu. Na obr. 76 až 78 je uvedeno několik takových zapojení.

Zapojení na obr. 76 je jednoduchý generátor pravouhlého signálu, klíčovaný kmitočtovým posuvem (FSK – Frequency Shift

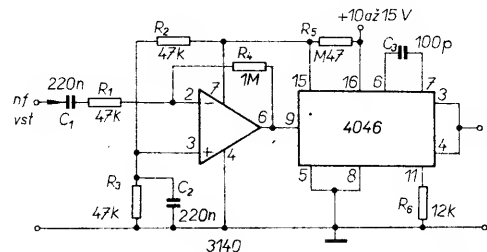


Obr. 76. FSK generátor 1,2 až 2,4 kHz

Keyed). Při uvedených součástkách toto zapojení generuje výstupní signál o kmitočtu 2,4 kHz, když je na vývod 9 přiveden signál o úrovni log. 1. Tento kmitočet se změní na 1,2 kHz, když se do stejného místa přivede signál log. 0. Vyšší kmitočet je určen odporem rezistoru  $R_2$  a kapacitou kondenzátoru  $C_1$ , nižší kmitočet součástkami  $C_1$  a  $R_2 + R_3$ . Změnou hodnot těchto součástek je možné dosáhnout jiných výstupních kmitočtů.

Obr. 77 ukazuje zapojení generátoru signálu pravoúhlého tvaru o kmitočtu 220 kHz

Obr. 77. Generátor 230 kHz s kmitočtovou modulací

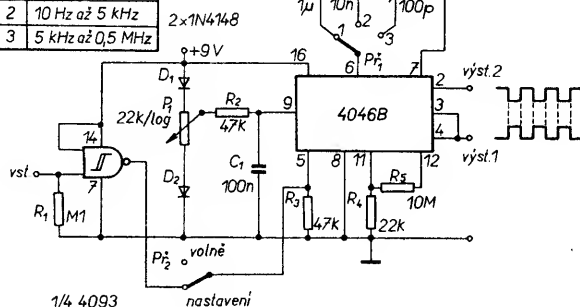


s kmitočtovou modulací. V tomto zapojení se používá vestavěná Zenerova dioda obvodu 4046B (vývod 15) ke stabilizaci napájecího napětí pro operační zesilovač. Tento operační zesilovač je zapojen jako „střídavý“ invertující zesilovač se zesilením 20. Dělič napětí  $R_2$ ,  $R_3$  přivádí na neinvertující vstup operačního zesilovače (vývod 3) napětí asi 2,6 V ( $0,5 \times U_Z$ ), takže na jeho výstupu (vývod 6) je klidové napětí 2,6 V, na něž je přeložen vstupní signál, zesílený o činitel 20. Výstup operačního zesilovače je spojen s řídicím vstupem VCO (vývod 9) obvodu 4046B, přičemž součástky  $C_3$ ,  $R_6$  byly zvoleny tak, že IO generuje na výstupu signál nosného kmitočtu 220 kHz, který je kmitočtově modulován.

Obr. 78 ukazuje možnost využití VCO s IO 4046B jako širokopásmového univerzálního taktovacího generátoru, jehož výstupní pra-

Obr. 78. Univerzální širokopásmový generátor

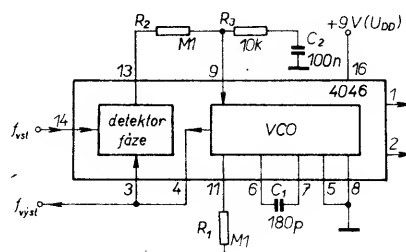
$P_f$	Kmitočet
1	0,5 až 50 Hz
2	10 Hz až 5 kHz
3	5 kHz až 0,5 MHz



vouhlý signál může mít kmitočet ve třech rozsazích, přepínaných přepínačem (možný celkový rozsah 0,5 Hz až 500 kHz). Tento jednoduchý, ale velmi užitečný zkušební přípravek, má dva výstupy v protifázi. Tento VCO může být provozován jako volnoběžný nebo klíčovaný.

V následujících odstavcích budou popsány některé praktické aplikace PLL s obvodem 4046B. Na obr. 79 je zapojení obvodu 4046B jako širokopásmového sledovače signálu, který zachytí každý vstupní signál v kmitočtovém pásmu 100 Hz až 100 kHz,

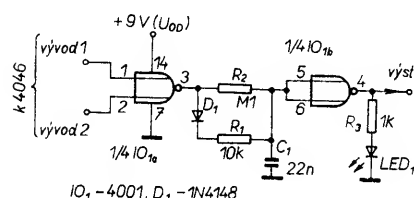
Obr. 79. Širokopásmový sledovač signálu PLL



který pak sleduje, za předpokladu, že vstupní signál, přivedený na vývod 14, má amplitudu mezi úrovněmi log. 0 a log. 1. V tomto zapojení (stejně jako v následujících) je použit širokopásmový detektor 2, takže mohou být detekovány signály s libovolnou střídou, které leží ve výše uvedeném kmitočtovém rozsahu. Součástky  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $C_2$  se používají jako filter sample and hold, jehož součástky určují časové konstanty při závěsu na signál. Provozní kmitočet VCO je určen volbou  $R_1$ ,  $C_1$  a napětím přivedeným na vývod 9. Celkový rozsah VCO (a tím také rozsah

zachycení a závěsu) sahá od kmitočtu VCO, generovaného při řídicím napětí na vývodu 9, rovnajícím se nule, až po kmitočet, odevzdávaný při řídicím napětí  $U_{DD}$  rovnajícím se napájecímu napětí.

Na obr. 80 je jednoduchý, ale velmi užitečný detektor zavěšení, který může být použit ve spojení s právě popsaným zapojením. Ve



Obr. 80. „Závěsný“ detektor

smyčce fázového závěsu generuje výstup každého fázového komparátoru řadu impulsů, jejichž šířka je úměrná časovému posuvu mezi oběma vstupními signály. Výstup fázového komparátoru 1 je v klidovém stavu ve stavu log. 0, výstup fázového komparátoru 2 je ve stavu log. 1. Na těchto úrovních jsou přeloženy výstupní impulsy. Když je obvod fázového závěsu zavěšen, jsou oba výstupní signály zrcadlově symetrické. Mimo synchronizaci jsou signály vzájemně zcela rozdílné.

V detektoru zavěšení podle obr. 80 se

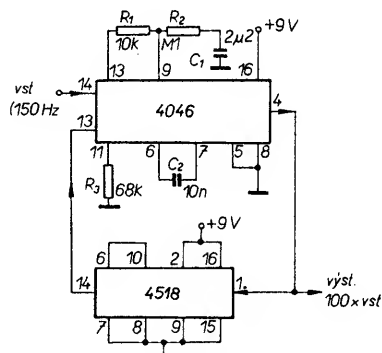
tohoto chování využívá tak, že oba výstupní signály se přivádějí na dva vstupy hradla NOR. Když je obvod PLL „zavěšen“, je výstup obvodu  $IO_{1a}$  stále ve stavu log. 0, takže na výstupu hradla  $IO_{1b}$ , zapojeného jako invertor, je stále log. 1 a indikační dioda LED se rozsvítí. V nezavěšeném stavu generuje  $IO_{1a}$  řadu kladných impulsů, které nabíjejí kondenzátor  $C_1$  přes kombinaci  $D_1$ ,  $R_1$ . Na výstupu  $IO_{1b}$  je pak log. 0 a dioda LED se nerozsvítí.

Obr. 81 ukazuje, jak je možné zkombinovat zapojení PLL s indikátorem pro dosažení

Obr. 81. Nf detektor

funkce přesného úzkopásmového „tónového spínače“. Maximální kmitočet VCO určují kombinace  $R_1$ ,  $C_1$ , minimální kmitočet je určen kombinací  $R_2$ ,  $C_2$ . S uvedenými součástkami je kmitočtový rozsah asi 1,8 kHz až 2,2 kHz. K závěsu obvodu PLL proto dojde jen při vstupních signálech v tomto kmitočtovém rozsahu. Na výstupu zapojení je za běžných okolností log. 0, při výskytu příslušného vstupního signálu přechází výstup do stavu log. 1.

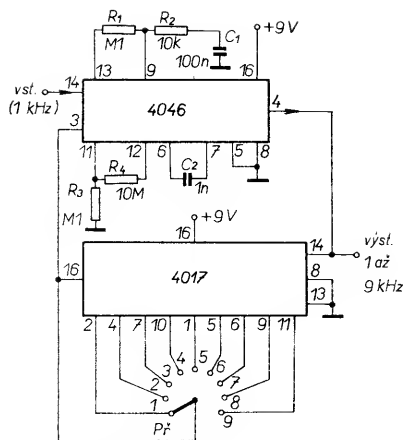
Aplikace obvodu 4046B zakončíme dvěma praktickými zapojeními kmitočtových násobičů. Zapojení podle obr. 82 pracuje jako



Obr. 82. Násobič 100

násobič kmitočtu s konstantním činitelem násobení 100. Vstupní signál o kmitočtu mezi 1 Hz a 150 Hz se převede na výstupní signál o kmitočtu mezi 100 Hz a 15 kHz, takže je pro jeho měření možné např. použít běžný čítač kmitočtu o měřicím intervalu 1 s (případně 0,1 s). Obvod typu CMOS 4518B, použitý v tomto zapojení, obsahuje dva desítkové čítače/děliče, které byly pro dosažení poměru dělení 1:100 zapojeny do série.

Zapojení na obr. 83 pracuje jako jednoduchý kmitočtový syntezátor. Je napájen přesným vstupním signálem 1 kHz, řízeným krystalem. Na výstupu je možné odebrat signál, jehož kmitočet je celočíselným násobkem (v rozsahu  $x1$  až  $x9$ ) vstupního kmitočtu. Obvod 4017B je v této aplikaci používán jako programovatelný čítač s poměrem dělení 1:n. Nahradi-li se obvod 4017B celým řetězcem programovatelných čítačů, je mož-

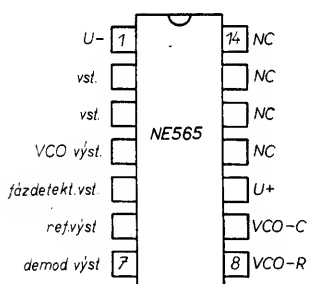


Obr. 83. Kmitočtový syntezátor

né tímto způsobem realizovat syntezátor s maximálním výstupním kmitočtem 1 MHz.

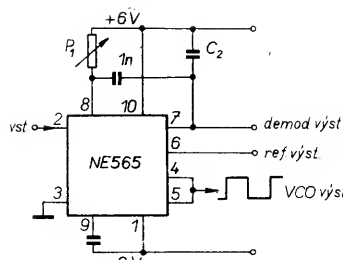
Kromě popsaného obvodu 4046B se vyrábí řada dalších obvodů, určených pro podobné aplikace. Tak např. firma Signetics vyrábí kompletní řadu obvodů PLL. Třemi nejznámějšími členy této řady jsou: univerzální obvod PLL NE565, poměrně jednoduchý obvod použitelný pro četné aplikace demodulátorů; funkční generátor NE566 pro generátory a konečné tónový dekodér NE567, speciální prvek PLL pro řešení dekodovacích a spínacích problémů.

Obvod NE565 je konvenční integrovaný obvod pro PLL, který může přímo zpracovávat signály v kmitočtovém rozsahu od 0,001 Hz do 500 kHz, uložený v pouzdru DIL 14. Rozmístění vývodů je na obr. 84. Na obr. 85 je vnitřní blokové zapojení obvodu i některé další vnější součásti, používané při jeho aplikaci. Jak je z blokového schématu vidět, IO sdružuje VCO, fázový detektor, zesilovač a dolní propust.



Obr. 84. Zapojení NE565

Obvod NE565 se odlišuje od výše popsaného obvodu 4046B tím, že jeho řídicí vstup VCO je připojen přes vnitřní rezistor (3,6 kΩ) na výstup zesilovače, takže vnější ovládání není možné. Proto je tento obvod velmi

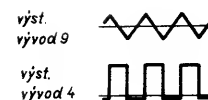


Obr. 86. Základní zapojení s NE565

vhodný pro úkoly demodulace a sledování signálů, na rozdíl od 4046B však není použitelný jako univerzální generátor signálů.

Na obr. 86 je základní zapojení kmitočtového demodulátoru, vlastně sledovače signálu, který pracuje se symetrickým napájením ( $\pm 6$  V). V běžných aplikacích se signál, který má být demodulován nebo sledován, připojuje na vývod 2 fázového detektoru; nepoužívaný vstup (vývod 3) se spojí s kostrou. Výstup VCO (vývod 4) je spojen se vstupem fázového detektoru (vývod 5). Pro doplnění obvodu regulace fáze je kmitočtem  $f_0$  volného chodu VCO nastaven obvodem RC, připojeným na vývody 8 a 9 tak, aby odpovídal střednímu kmitočtu vstupního signálu.

Za uvedených podmínek se může kmitočtem VCO „zavést“ na kmitočtem vstupního signálu, protože zesílený signál fázového komparátoru – který se také používá k řízení



Obr. 87. Výstupní signály NE565

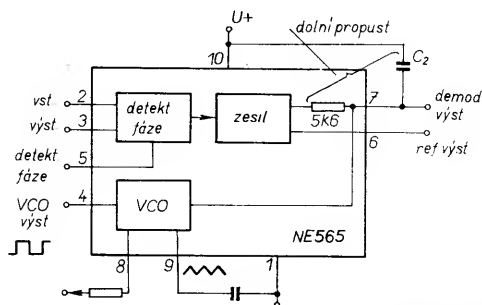
vstupu VCO – je přímo úměrný rozdílu mezi kmitočtem vstupního signálu a kmitočtem VCO. Zvýší-li se vstupní kmitočet nad kmitočet VCO, zvětší se i výstupní napětí detektoru. Současně je VCO řízen tak, že se kmitočet výstupního signálu snižuje, až dojde k závěsu.

V praxi se obvod „zavěsí“ s malým časovým zpožděním, které je způsobeno kondenzátorem  $C_2$ , zapojeným mezi vývody 7 a 10 a vnitřním rezistorem 3,6 kΩ. VCO se zavěsí na základní kmitočet vstupního signálu i tehdy, je-li kmitočtově modulovaný vstupní signál zašuměn a generuje čistý výstupní signál na vývodech 4, případně 5 a na vývodu 7 je k dispozici demodulovaný signál FM. Pro zvětšení stability je třeba v praxi zapojit mezi vývody 7 a 8 kondenzátor s poměrně malou kapacitou (asi 1 nF).

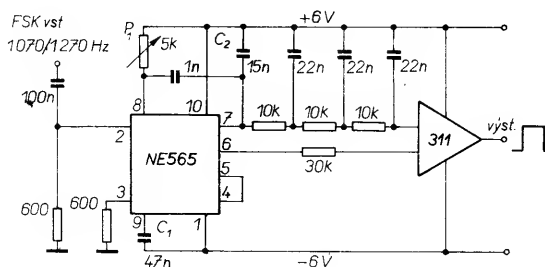
Pro informaci jsou v tabulce shrnuty nejdůležitější parametry a charakteristiky obvodu 565. IO se běžně provozuje se symetrickým napájecím napětím, které musí být v rozsahu  $\pm 5$  V až  $\pm 12$  V. Může však být napájen i asymetrickým napájecím napětím 10 až 24 V.

Parametr	Údaje při napájení $\pm 6$ V		
	min.	typ.	max.
Napájecí napětí	$\pm 5$ V		$\pm 12$ V
Vstupní impedance	5 kΩ	10 kΩ	
Vstupní citlivost ( $U_{ei}$ )	10 mV	1 mV	
<b>VCO</b>			
Maximální kmitočet		500 kHz	
Teplotní drift		330 ppm/°C	
Závislost na napájecím napětí		0,2 %/V	1,5 %/V
<b>„Trojúhelníkový“ výstup</b>			
Výstupní amplituda ( $U_{mv}$ )		2,4 V	3 V
Odchylka linearity		0,5 %	
<b>„Pravoúhlý“ výstup</b>			
Výstupní napětí log. 1	+4,9 V	+5,2 V	+0,2 V
Výstupní napětí log. 0		-0,2 V	
Doba náběhu		20 ns	
Doba doběhu		50 ns	
Výstupní proud (zdroj)	5 mA	10 mA	
<b>Výstup demodulátoru</b>			
Výstupní úroveň (vývod 7)	4,0 V	4,5 V	5,0 V
Maximální zdvih napětí ( $U_{mv}$ )		2 V	
Napěťový zdvih při 10% FM ( $U_{mv}$ )	200 mV	300 mV	
Harmonické zkrselení		0,4 %	1,5 %
Výstupní impedance		3,6 kΩ	
Ofsetové napětí (vývody 6 a 7)		50 mV	
Potlačení AM		40 dB	200 mV

$U_{mv}$  -- mezivrcholové napětí



Obr. 85. Vnitřní zapojení NE565



Obr. 88. Demodulátor FSK



# KIKUSUI Oscilloscopes

Superior in Quality,  
first class in Performance!

Phoenix Praha A.S., Ing. Havlíček, Tel.: (2) 69 22 906, 43 32 01,

**ELSinco**

Vstupy fázového detektoru mají typickou vstupní impedanci 10 k $\Omega$ , obvod se může „zavést“ při amplitudě vstupního signálu větší než 1 mV. Vstupní signály se přivádějí střídavou vazbou, mohou však být také vázány stejnosměrně, pokud stejnosměrné odpory, zatěžující vývody 2 a 3, budou stejné a nevyskytuje-li se rozdíl stejnosměrného napětí mezi oběma vstupy.

Interní VCO obvodu je velmi stabilní, širokopásmový typ (typický teplotní drift 300 ppm/°C, závislost na napájecím napětí 0,2 %/V), který má vynikající linearitu závislosti výstupního kmitočtu na řídicím napětí (typická odchylka linearitu 0,5 %). Na vývodu 4 může být odebrán signál pravoúhlého průběhu s kompatibilitou TTL a typickými dobami náběhu a doběhu 20, příp. 50 ns, na vývodu 9 je vyveden extrémně lineární signál trojúhelníkovitého průběhu. Obr. 87 ukazuje typické průběhy vstupního signálu při napájecím napětí  $\pm 6$  V.

Kmitočet  $f_0$  volného chodu je určen rezistorem R, připojeným mezi vývody 8 a 10 ( $U_+$ ) a kondenzátorem C připojeným mezi vývody 9 a 1 ( $U_-$ ). Matematicky je určen rovnicí  $f_0 = 0,3/RC$ ; kmitočet vyjde v kHz, když se dosadí R v k $\Omega$  a C v  $\mu$ F. Rezistor R může mít libovolný odpor mezi 2 až 20 k $\Omega$ , optimální je asi 4 k $\Omega$ . Kondenzátor C může mít libovolnou kapacitu. Pokud jde o rozsah zavěšení, obvod NE565 se zavěsí na každý vstupní signál, jehož kmitočet leží v rozsahu  $\pm 60$  % od kmitočtu volného chodu  $f_0$ .

Demodulovaný výstupní signál se odebrá z vývodu 7. Na vývodu 6 je stejnosměrné napětí přibližně rovné stejnosměrnému napětí na vývodu 7. Když se mezi vývody 6 a 7 zapojí rezistor, je možné zesílení výstupního zesilovače IO redukovat, přičemž se stejnosměrná úroveň na výstupu změní pouze nepatrně. Tak je možné zmenšit rozsah zavěšení až na  $\pm 20$  %  $f_0$ . Kmitočet  $f_0$  volného chodu se tím změní pouze nepatrně.

V zařízeních pro přenos dat je značně rozšířeno používání signálů s kmitočtovým posuvem (FSK – Frequency Shift Keying). Vysílač dat přitom převádí binární signály na trvalý „dvoutónový“ signál nosného kmitočtu. Datový signál o úrovni log. 1 je reprezentován ní signálem o určitém kmitočtu, datový signál o úrovni log. 0 je reprezentován ní signálem o jiném kmitočtu. V přijímači se dvoutónový nosný signál převádí „tónovým přepínačem“ (nebo dekodérem FSK) zpět na binární signál.

Schéma zapojení na obr. 88 uvádí, jak je možné použít obvod NE565 jako dekodér FSK pro oba vstupní signály kmitočtu 1070 Hz/1270 Hz. Když se na vstupu objeví

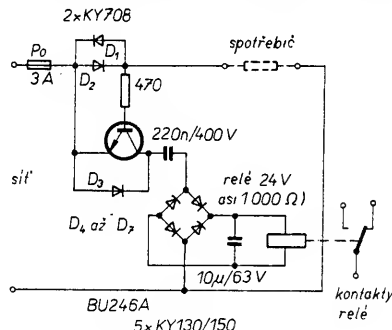
signál, regulační obvod „provede závěs“ a sleduje signál včetně kmitočtových změn s odpovídající změnou stejnosměrného napětí na výstupu. Filtrační kondenzátor brání překmitům vstupního signálu. Pro potlačení zbytkových složek signálu nosného kmitočtu se používá třístupňový filtr RC. Mezi kmitočtem filtru je přibližně uprostřed mezi maximální přenosovou rychlostí (300 Bd, popř. 150 Hz) a dvojnásobkem kmitočtu vstupního signálu (kolem 2200 Hz). Výstupní signál filtru se převádí připojeným napěťovým komparátorem (LM311), zapojeným mezi výstup a vývod 6, na úroveň TTL. Kmitočet volného chodu VCO se nastaví potenciometrem P<sub>1</sub> tak, aby při vstupním signálu o kmitočtu 1070 Hz vznikl na výstupu malý kladný signál.

Zapojení vstupů ve schématu na obr. 88 je možné považovat za typické, když je vstupní signál přeložen na stejnosměrné napětí, a proto není možné přímo připojit IO. Oba vstupy obvodu NE565 jsou spojeny se zemí rezistory o stejnosměrném odporu.

Elrad 2/1989

## Signalizace výpadku proudu

Na obr. 88 je zapojení obvodu, který spíná relé tehdy, když protéká obvodem



Obr. 88. Signalizace výpadku proudu

střídavý proud. Je-li tento proud z jakéhokoli důvodu přerušen, relé odpadá a jeho kontakty mohou sloužit k indikaci stavu. Obvod se tedy může použít např. pro signalizaci správné funkce automaticky spínaných spotřebičů jako jsou topení, vodárny, chladicí zařízení nebo k signalizaci vypnutí spotřebičů např. v bytě. V posledním případě ovšem signalizace selhává právě při používání automaticky spínaných spotřebičů. Kon-

taktů relé lze využít pro samočinné spínání akustické signalizace při výpadku důležitých zařízení jako vodního čerpadla u ústředního topení s použitím záložního zdroje signalizace, nebo u vzájemně závislých spotřebičů např. zesilovač – gramofon, zesilovač – televizor atd. Použitím několika takových obvodů lze prostřednictvím vzájemné závislosti kontaktů relé určit i např. nadřazenost jednotlivých akustických spotřebičů při připojování vstupů k zesilovači nebo k reproduktorům.

Princip je následující: průtokem sledovaného proudu diodami D<sub>1</sub> a D<sub>2</sub> vzniká úbytek napětí o velikosti asi 0,5 V, který jednou půlperiodou spíná tranzistor T. Tranzistorem proteče proud v obvodu kondenzátoru C<sub>1</sub>, relé a diod v části můstku (v Graetzově zapojení). Opačná půlperioda kondenzátor C<sub>1</sub> vybíjí v obvodu relé, zbývajících diod v můstku a diody D<sub>3</sub>. Kondenzátor C<sub>2</sub> filtruje napětí na relé, aby nekmitaly kontakty a aby se relé nespínalo rušivými náhodnými impulsy.

Upozorňuji, že jsou všechny součástky galvanicky spojeny se sítí!

## POZOR!

Protože po určitých nejasnostech se situace ve výrobě a prodeji desek s plošnými spoji pro konstrukce z AR řady A i B opět „normalizovala“, lze desky s plošnými spoji pod objednávkami čísly, která jsou uvedena u každého obrázku, objednat nejméně na dvou adresách, a to:

Družstvo Pokrok, Žilina, Košická 4, PSC 011 38, nebo GP elektronika, Fučíkova 7, 927 01 Šála, tel. 0706/4444. Proto doplňujeme i označení desek z AR B3/90: předzesilovač (str. 98) – X232, zdroj (str. 100) – X233, převodník (obr. 93) – X234, 16kanálové běžící světlo (str. 116) – X235.

V objednávce je vhodné uvést kromě označení desky i číslo a ročník AR, v němž byla deska se spoji uveřejněna a název konstrukce, pro níž deska slouží.

# Anritsu Instruments

World Leading Measurement Technology  
for Telecommunications

Phoenix Praha A.S., Ing. Havlíček, Tel.: (2) 43 32 01, 69 22 906

**ELSinco**

## Divadlo pracujících v Mostě

prodá

**2 ks barevných videorekordérů systému VCR, typ MTV 50, výrobce UNITRA  
PLR licence GRUNDIG**

oba rok výroby 1983.

**NEPOUŽÍVANÉ – ke každému kompletní servisní manuál + 1 kazeta VCR – cena za 1 ks – 3000 Kčs.**

**Informace: Divadlo pracujících v Mostě, tel. 79 62 43, linka 12 – Jiří Henzl.**

## INZERCE



Inzerce přijímá osobně a poštou vydavatelství MAGNET-PRESS, inzerční oddělení (inzerce ARB), Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-9 linka 294. Uzávěrka tohoto čísla byla 31. 5. 1990, do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát. Neopomeňte uvést prodejní cenu, jinak inzerát neuveřejníme. Text inzerátu pište čitelně, aby se předešlo chybám vznikajícím z nečitelnosti předlohy.

### PRODEJ

BFG69 (170), BFG65 (170), Siemens BFT 97 F=1,8 dB/500 MHz (130), BFT96 (80), BFT66

(130), BFR90, 91 (60), koupím koax. kábel 200 m. P. Poremba, Clementisova 12, 040 14 Košice. **Stavební mikropočítače** plán 80 A (2000). M. Sojková, Ježkova 1343, 708 00 Ostrava 8 Poruba.

**BFG65** (170), BFG69 (160), BFT66 (140), BFT96 (80), BFR90 (35), BFR91 (40), BFR96 (40), BB405 (45), BF961 (20), BF 963 (35), BF964 (25), BF244 (20), BF245 (20), BF199 (20), BD 239 (50), BD240 (50), TLO82 (35), TLO84 (50), TLO74 (50), SL1451 (1400), SL1452 (1400). Z. Oborný, Horní Domaslavice 160, 739 38 Dobrá 7.

**U806D** (85), C520D (105). M. Lhotský, Gottwaldova 470, 431 51 Klášterec nad Ohří.

**Počítač Commodore 128C**, datenrecorder 1530 (10500), diskdrive 1541 (7000), monitor Philips RGB – zelený (5000), tiskárna Seikosha SP180VC (7500), orig. program Superbase 128 s něm. man. (500), dig. multimetr Monacor (2800), walkman Sanyo s radiem (1700). I jednotlivě. V. Průša, K lučinám 12, 130 00 Praha 3, tel. 82 73 29.

**BFG65** (155), BFG69 (140), BFR90, 91, 96 (32, 33, 35), BFT66 (140), BB405 (40). D. Cienciala, 739 38 Soběšice 181. **U806D** (120), U807D (120), C520D (120), VQE12 (100), VQE22 (100), VQB73 (25). Ker. filtr 10,7 MHz (40), 6,5 MHz (40). J. Povejšil, Tyršova 611, 251 64 Mnichovice.

### KOUPĚ

**Osciloskopickou obrazovku B7S2** a prodám osciloskopickou obrazovku 6LO11 včetně rastru před obrazovku (350), krystal 10,7 MHz (50), M. Brachaczek, 739 34 Senov u Ostravy č. 537.

### RŮZNÉ

**Kdo zapůjčí nebo poskytne schéma tranzistorového přijímače Philips FM – AM de Luxe, type L 6X38T/02 a Philips type 22 RL 165/02 R.** Čestně vrátím nebo zaplatím. Ing. J. Solín, Dívova 18/3, 911 01 Trenčín.



**Školská 3  
110 00 Praha 1  
Tel. (02) 29 93 94  
29 81 10**

**Ceny dohodou!**

**Pro soukromníky i organizace!**

**OTESTUJEME  
NASTAVÍME  
OPRAVÍME**

**Floppy diskové  
mechaniky  
5,25"; 3,5"**

## POZOR! BURZA NÁPADOV

*Vážení priatelia,*

Závody výpočtovej techniky š. p. Banská Bystrica v snahe zúžitkovať technické nápady čo najširšieho okruhu odborníkov, vyhlasuje **BURZU NÁPADOV**.

Do burzy je možné prihlásiť:

- **konkrétne technické riešenia zaujímavé pre malospotrebitel'ov,**
- **konkrétne technické riešenia s určením pre organizácie,**
- **myšlienky, nápady pre rozšírenie sortimentu trhu o atraktívne výrobky,**
- **návrhy na rozšírenie užitočných vlastností výrobkov,**
- **programové produkty pre personálne počítače typu XT/AT.**

Návrhy je možné orientovať do všetkých oblastí využitia, pričom brať na zreteľ, že ZVT š. p. Banská Bystrica má na dobrej úrovni vybudované technológie v oblasti:

- mechanická predvýroba,
- povrchové úpravy,
- výroba dosiek plošných spojov,
- elektronická montáž.

### Spôsob finančného vysporiadania:

Autori technických nápadov budú odmeňovaní podielovo dohodnutým percentom z realizovanej produkcie.

V prípade odbytovateľnosti na devizové trhy, autori budú odmeňovaní v devizách.

**Prihlášky posielajte na adresu:**

**ZVT š. p. B. Bystrica  
Obchodná politika  
Zvolenská cesta 14  
975 32 Banská Bystrica**